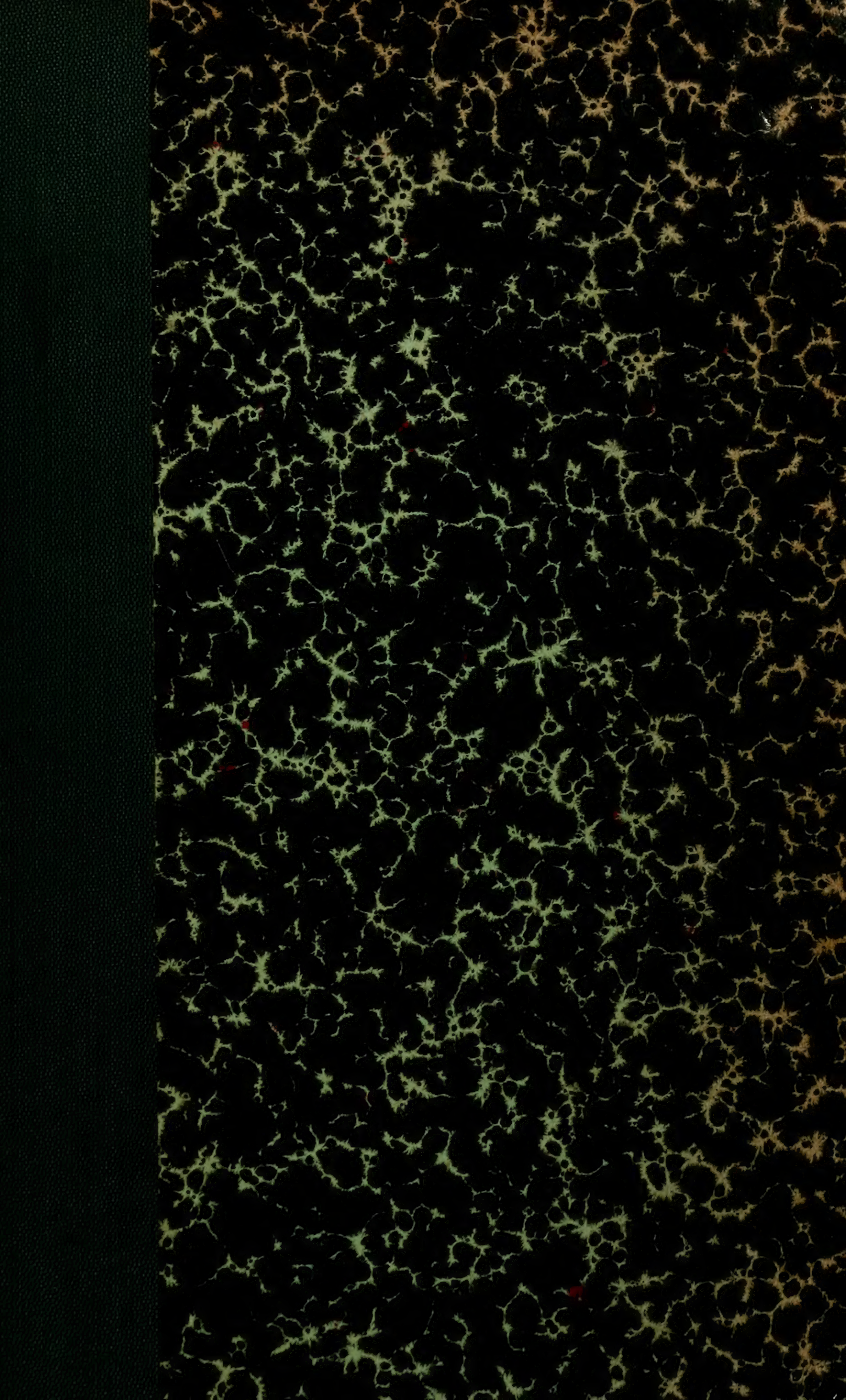
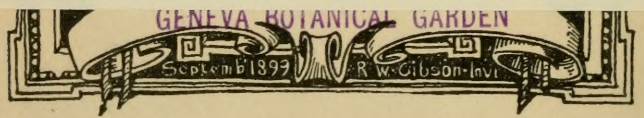
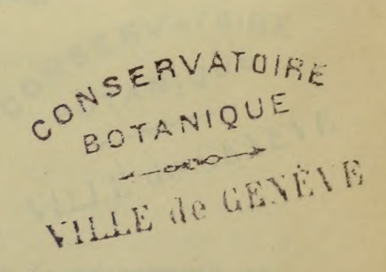



GENEVA BOTANICAL GARDEN
Septemb 1899
R W Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES



GENÈVE — SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE
Rue de la Pélisserie, 18

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT VINGTIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME QUARANTIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

PARIS
H. LE SOUDIER
714-716, Boul. St-Germain

LONDRES
DULAU & Cie
37, Soho Square

NEW-YORK
G. E. STECHERT & Co
151-155, W 25th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, A BALE

1915

LA GÉOMÉTRIE

DES

FEUILLETS « COTÉS »

PAR

René DE SAUSSURE

(Suite et fin[1])

IX. Intersection des polycouronnes

Par *intersection* de deux polycouronnes, nous entendons l'ensemble de leurs feuillets communs.

Nous savons déjà que l'intersection de :

2	*hexacouronnes* (S_6)	est une	*pentacouronne*	(S_5) ,
3	»	»	*tétracouronne*	(S_4) ,
4	»	»	*tricouronne*	(S_3) ,
5	»	»	*bicouronne*	(S_2) ,
6	»	»	*monocouronne*	(S_1) ,
7	»	» un	*feuillet coté*	(S_0) ,

ce qu'on peut exprimer en disant que l'intersection de n hexacouronnes (S_6) est une polycouronne d'espèce S_{7-n}. (Lorsque $n > 7$, l'indice $7 - n$ devient négatif, c'est-à-dire que les n hexacouronnes n'ont plus, en général, de feuillets communs.)

Théorème XXXIV. — *L'intersection de deux polycouronnes S_m et S_n est une polycouronne d'espèce S_{m+n-7}.*

[1]) Voir *Archives*, 1915, t. XXXIX, p. 5, 109, 389 et 481.

En effet, la polycouronne S_m peut être définie comme l'intersection de $(7 - m)$ hexacouronnes ; de même le système S_n peut être considéré comme l'intersection de $(7 - n)$ hexacouronnes; donc, l'intersection de S_m et de S_n équivaut à l'intersection de $(7-m)+(7-n)$ hexacouronnes, c'est-à-dire de $7-(m+n-7)$ hexacouronnes, intersection qui, d'après ce qui précède, est une polycouronne d'espèce S_{m+n-7}. (C.Q.F.D.)

Exemples : 1. *Intersection de 2 pentacouronnes (S_5).* On a ici : $m = n = 5$, d'où : $m + n - 7 = 3$. L'intersection est donc une tricouronne (S_3).

2. *Intersection d'une hexacouronne (S_6) et d'une bicouronne (S_2).* On a : $m = 6, n = 2$, d'où : $m + n - 7 = 1$. L'intersection est une monocouronne (S_1).

3. *Intersection d'une tricouronne (S_3) et d'une tétracouronne (S_4).* On a : $m = 3, n = 4$, d'où : $m + n - 7 = 0$. L'intersection se compose donc d'un feuillet unique (S_0).

4. *Intersection d'une monocouronne (S_1) et d'une tétracouronne (S_4).* On a : $m = 1, n = 4$, d'où : $m + n - 7 = -2$, c'est-à-dire qu'une monocouronne et une tétracouronne n'ont pas, en général, de feuillets communs.

Théorème XXXV. — *L'intersection de 3 polycouronnes (S_m), (S_n), (S_p) est une polycouronne d'espèce ($S_{m+n+p-14}$).*

En effet, cette intersection équivaut à celle de $(7-m)+(7-n)+(7-p)$ hexacouronnes, c'est-à-dire de $7-(m+n+p-14)$ hexacouronnes, laquelle intersection est une polycouronne d'espèce ($S_{m+n+p-14}$).

Exemple : *Intersection d'une hexacouronne (S_6), d'une pentacouronne (S_5) et d'une tricouronne (S_3).* On a : $m = 6, n = 5, p = 3$, d'où $m + n + p - 14 = 0$. L'intersection se compose d'un feuillet unique (S_0).

Théorème XXXVI. — *L'intersection de* x *polycouronnes (S_m), (S_n), (S_p), etc., est une polycouronne d'espèce [$S_{m+n+p+\ldots-7(x-1)}$],* ainsi qu'on peut le voir en généralisant le théorème précédent.

X. — Géométrie dans une polycouronne

La géométrie des feuillets cotés peut être divisée en 6 chapitres, correspondant chacun à l'étude des feuillets situés dans une polycouronne donnée. En effet, de même qu'on distingue en géométrie ponctuelle la *géométrie plane* (ou étude des points situés dans un plan) et la *géométrie dans l'espace,* on peut, de même traiter à part chacune des géométries suivantes :

1.	Géométrie des feuillets	dans	une	*bicouronne*	(S_2),
2.	»	»	»	*tricouronne*	(S_3),
3.	»	»	»	*tétracouronne*	(S_4),
4.	»	»	»	*pentacouronne*	(S_5),
5.	»	»	»	*hexacouronne*	(S_6),
6.	»	»	dans	*l'espace.*	

Ces géométries ont un caractère de moins en moins restrictif. Ainsi, par exemple, dans une bicouronne (S_2), deux monocouronnes ont toujours un feuillet commun (comme deux droites dans un plan), tandis que dans toute polycouronne (S_m) d'espèce supérieure à 2, deux monocouronnes ne se rencontrent généralement pas (comme deux droites dans l'espace). En d'autres mots, l'intersection de deux polycouronnes S_m et S_n n'est pas la même, suivant que ces polycouronnes sont placées arbitrairement dans l'espace ou qu'elles sont situées toutes deux dans une polycouronne donnée S_p.

Cherchons, par exemple, quelle sera l'intersection d'une bicouronne S_2 et d'une tétracouronne S_4, toutes deux situées dans une même hexacouronne S_6 : la bicouronne S_2 équivaut à l'intersection de 5 hexacouronnes ; de même S_4 équivaut à l'intersection de 3 hexacouronnes; l'intersection de S_2 et de S_4 équivaut donc à l'intersection de 8 hexacouronnes ; on voit donc que si S_2 et S_4 étaient situés arbitrairement dans l'espace, ils n'auraient pas de feuillets communs; mais, par hypothèse, S_2 et S_4 sont situés dans une hexacouronne donnée S_6, c'est-à-dire que S_6 passe par S_2 et S_4 , dès lors, on peut faire coïncider S_6 avec l'une des 5 hexacouronnes qui définissent S_2, et aussi avec l'une des 3 hexacouronnes qui définissent S_4. Ces deux groupes

d'hexacouronnes auront alors une hexacouronne commune (S_6), c'est-à-dire qu'ils ne contiendront plus en tout que 7 hexacouronnes distinctes (au lieu de 8). Comme 7 hexacouronnes ont toujours un feuillet commun, on en conclut qu'une bicouronne et une tétracouronne situées dans une même hexacouronne ont toujours un feuillet commun et un seul.

Passons maintenant au cas général :

Intersection de deux polycouronnes S_m et S_n, situées dans une polycouronne donnée S_p. — La polycouronne S_m peut être considérée comme l'intersection de $(7 - m)$ hexacouronnes, et S_n comme l'intersection de $(7 - n)$ hexacouronnes ; donc, l'intersection de S_m et de S_n équivaut à l'intersection de $(7 - m) + (7 - n)$ hexacouronnes. Mais S_m et S_n sont situés par hypothèse dans la polycouronne S_p, qu'on peut regarder comme l'intersection de $(7 - p)$ hexacouronnes, c'est-à-dire que ces $(7 - p)$ hexacouronnes passent toutes par S_m et par S_n ; on peut donc compter ces $(7 - p)$ hexacouronnes parmi celles qui servent à définir soit S_m, soit S_n ; les deux groupes de $(7 - m)$ et de $(7 - n)$ hexacouronnes ont alors $(7 - p)$ hexacouronnes communes ; dès lors, ces deux groupes ne contiennent plus ensemble que $(7 - m) + (7 - n) - (7 - p)$ hexacouronnes distinctes, nombre que l'on peut écrire : $7 - (m + n - p)$.

Or, nous savons que l'intersection de $7 - (m + n - p)$ hexacouronnes est une polycouronne d'espèce (S_{m+n-p}). Nous arrivons donc à ce résultat très simple : *l'intersection de deux polycouronnes (S_m) et (S_n), situées dans une même polycouronne (S_p), est une polycouronne (S_{m+n-p}).*

Exemple : Intersection de deux tricouronnes situées dans une même tétracouronne. On a : $m = 3$, $n = 3$, $p = 4$; d'où $m + n - p = 2$. L'intersection est une bicouronne.

Intersection de x polycouronnes $S_m, S_n, \ldots$, situées dans une même polycouronne S_p. — La polycouronne S_m équivaut à l'intersection de $(7 - m)$ hexacouronnes ; de même S_n, à l'intersection de $(7 - n)$ hexacouronnes, etc. L'intersection des x polycouronnes est donc équivalente à celle de $(7-m)+(7-n)+\ldots$

hexacouronnes. Mais ces hexacouronnes ne sont pas indépendantes, car la polycouronne S_p (qui équivaut elle-même à l'intersection de $7 - p$ hexacouronnes) passe, par hypothèse, par toutes les polycouronnes S_m, S_n, ... Il n'y a donc en tout que :

$$(7 - m) + (7 - n) + \dots - (7 - p)$$

hexacouronnes indépendantes. Or, ce nombre peut s'écrire :

$$7 - [m + n + \dots - p - 7(x - 2)] .$$

Donc, en résumé : *l'intersection de* x *polycouronne* S_m, S_n, ..., *situées dans une polycouronne* S_p *est une polycouronne d'espèce* $S_{[m+n+\dots-p-7(x-2)]}$.

XI. — Problèmes divers

Feuillets d'une polycouronne donnée qui sont complémentaires d'une autre polycouronne. — Soient S_m et S_n deux polycouronnes données quelconques. Cherchons dans quelles conditions l'une d'elles (S_m) contient des feuillets complémentaires de l'autre (S_n).

Tout feuillet complémentaire de S_n appartient évidemment à la polycouronne $\Sigma_{(6-n)}$, complémentaire de S_n. Donc, tout feuillet situé dans S_m et complémentaire de S_n doit appartenir aux deux polycouronnes S_m et $\Sigma_{(6-n)}$. Le système S_m contiendra, ou non, des feuillets complémentaires de S_n, suivant que les polycouronnes S_m et $\Sigma_{(6-n)}$ auront, ou non, des feuillets communs. Or, d'après le théorème XXXIV, l'intersection de S_m et de $\Sigma_{(6-n)}$ est une polycouronne d'espèce : $S_{[m+(6-n)-7]}$, c'est-à-dire : $S_{(m-n-1)}$. Pour que cette intersection existe, il faut et il suffit que $m - n - 1 \geqslant 0$, c'est-à-dire que m soit plus grand que n.

Ainsi, *étant données deux polycouronnes* S_m *et* S_n *indépendantes l'une de l'autre et d'espèces différentes, la polycouronne* S_n *(en supposant* $n < m$*) ne contiendra pas de feuillets complémentaires de* S_m*; au contraire,* S_m *contiendra toujours des feuillets complémentaires de* S_n *et ces feuillets formeront à l'intérieur de* S_m *une polycouronne d'espèce :* $S_{(m-n-1)}$.

Exemple : Soit S_4 une tétracouronne et S_2 une bicouronne. Si ces deux polycouronnes sont indépendantes, S_2 ne contiendra pas de feuillets complémentaires de S_4 ; par contre, S_4 contiendra des feuillets complémentaires de S_2 et ces feuillets formeront un système d'espèce S_1, c'est-à-dire une monocouronne.

Remarque : Dans le cas où $m = n$, la polycouronne $S_{m-n-1)}$ n'existe pas, donc : *lorsque deux polycouronnes, indépendantes l'une de l'autre, sont de même espèce, aucune des deux ne contient des feuillets complémentaires de l'autre.*

Cas ou les deux polycouronnes S_m et S_n ne sont pas indépendantes. — Démontrons d'abord le lemme suivant :

Lemme : *Si un système de feuillets S est contenu dans un autre système S′, le système Σ, complémentaire de S, contiendra le système Σ′, complémentaire de S′.*

En effet, Σ′ étant complémentaire de S′ est complémentaire de tous les feuillets, ou groupes de feuillets, contenus dans S′, donc en particulier du groupe formé par le système S. Mais, si le système Σ′ est complémentaire de S, il doit être contenu dans Σ, puisque Σ est le lieu de *tous* les feuillets complémentaires de S. (C. Q. F. D.)

Théorème XXXVII. — *Si deux polycouronnes de même espèce S_m et S'_m sont telles que le système S_m contient une polycouronne T_n complémentaire de S'_m, réciproquement le système S'_m contiendra aussi une polycouronne de même espèce T'_n complémentaire de S_m.*

En effet, représentons symboliquement les systèmes de feuillets S_m, S'_m, T_n, etc., par des aires planes (fig. 9). Le système complémentaire de S_m est une polycouronne d'espèce $(6 - m)$, que nous désignerons par $\Sigma_{(6-m)}$. De même, le système complémentaire de T_n est une polycouronne d'espèce $(6 - n)$, que nous désignerons par $\mathfrak{T}_{(6-n)}$. Or, d'après le lemme précédent, puisque T_n est contenu dans S_m, le système complémentaire $\mathfrak{T}_{(6-n}$ contient le système complémentaire Σ_{6-m}. D'autre part, T_n est, par hypothèse, complémentaire de S'_m, donc, récipro-

quement, S'_m est complémentaire de T_n, c'est-à-dire que S'_m fait aussi partie du système $\mathfrak{T}_{(6-n)}$ (puisque ce dernier système contient tous les feuillets complémentaires de T_n). On voit donc que les deux polycouronnes S'_m et $\Sigma_{(6-m)}$ sont contenues dans la polycouronne $\mathfrak{T}_{(6-n)}$. L'intersection de ces deux polycouronnes est donc, d'après la formule du § X, une polycouronne T' d'espèce $[m + (6 - m) - (6 - n)]$, quantité égale à n ; en d'autres mots, les polycouronnes T et T' sont de même espèce. Le théorème est donc démontré, car le système T'_n fait partie de S'_m et est complémentaire de S_m (puisqu'il fait aussi partie de Σ_{6-m}, dont tous les feuillets sont complémentaires de S_m).

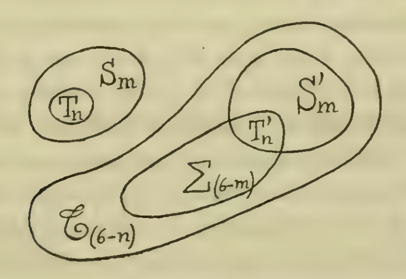


Fig. 9

Exemple : *Si deux polycouronnes de même espèce S_m et S'_m sont telles qu'un feuillet de S_m est complémentaire de S'_m, réciproquement S'_m contiendra un feuillet complémentaire de S_m*

En effet, la polycouronne T_n se réduit ici à un simple feuillet, c'est-à-dire que $n = 0$; donc T'_n se réduit aussi à un simple feuillet.[1] (C. Q. F. D.)

Corollaire : *Si S_m ne contient pas de feuillet complémentaire de S'_m, réciproquement S'_m ne contiendra pas de feuillet complémentaire de S_m*. En effet, si T_n n'existe pas, son système com-

[1] Ce théorème correspond en géométrie réglée à la proposition suivante, démontrée par Ball : « Si deux monofaisceaux sont tels qu'une génératrice de l'un est complémentaire de l'autre monofaisceau, réciproquement une géneratrice de celui-ci sera complémentaire du premier monofaisceau. Mais la forme donnée à notre théorème est beaucoup plus générale.

plémentaire $\Sigma_{(6-m)}$ n'existe pas non plus. Dès lors, les deux systèmes S'_m et $\Sigma_{(6-m)}$ ne sont plus astreints à se trouver dans une même polycouronne ; leur intersection T' est alors, d'après la formule du § IX, une polycouronne d'espèce $[m+(6-m)-7]$, nombre qui est égal à -1, c'est-à-dire que la polycouronne T' n'existe pas non plus.

XII. — Conclusion

De même qu'un complexe linéaire peut être défini par son axe central G et son paramètre g, c'est-à-dire par une droite cotée $G(g)$, de même une *pentasérie linéaire* de feuillets (voir *Géom. des feuillets*) peut être définie par son feuillet central F et son paramètre f, c'est-à-dire par un feuillet coté $F(f)$.

Ainsi, les systèmes de complexes linéaires se réduisent aux systèmes de droites cotées, et les systèmes de pentasérics linéaires se réduisent aux systèmes de feuillets cotés.

Par exemple, le monofaisceau de droites cotées (conoïde de Plücker) est équivalent à un « *faisceau* de complexes linéaires », ou mieux un « *monofaisceau* de complexes linéaires », en adoptant notre terminologie, laquelle fait une distinction entre le faisceau (système plan) et le monofaisceau (système gauche).

De même, une monocouronne de feuillets cotés définit un système de pentaséries linéaires, système qu'on peut appeler « monocouronne de pentaséries linéaires » ; etc., etc.

En résumé, on voit que la conception du feuillet « coté » est nécessaire pour compléter la géométrie des feuillets, de même que celle de la droite « cotée » est nécessaire pour compléter la géométrie réglée. On arrive ainsi à la connaissance de trois géométries fondamentales complètes : 1° la plus ancienne est celle des systèmes de points et sa réciproque, les systèmes de plans ; 2° la géométrie plus moderne des systèmes de droites cotées et sa réciproque celle des systèmes de complexes linéaires ; 3° la nouvelle géométrie des systèmes de feuillets cotés et sa réciproque celle des systèmes de pentaséries linéaires.

Toutes ces géométries sont de forme linéaire, et l'on voit que la géométrie des droites et celle des feuillets, qui toutes

deux sont de forme quadratique, sont des géométries incomplètes puisqu'elles ne forment qu'une partie des géométries complètes correspondantes (droites cotées et feuillets cotés); en effet, nous avons vu qu'une droite ordinaire et un feuillet ordinaire peuvent être considérés comme des éléments cotés dont la cote serait nulle.

Les formes fondamentales des trois géométries complètes sont les suivantes :

1. *Géométrie des points et des plans*

La *ligne droite*	déterminée par	*2 points,*
» *surface plane*	»	*3* » .
» *ligne droite*	»	*2 plans,*
Le *point*	»	*3* » .

2. *Géométrie des droites cotées et des complexes linéaires*

Le *monofaisceau*	determiné par	*2 droites cotées*	ou	*2 complexes,*	
» *bifaisceau*	»	*3*	»	*3*	» ,
» *trifaisceau*	»	*4*	»	*4*	» ,
» *tétrafaisceau*	»	*5*	»	*5*	» .

3. *Géométrie des feuillets cotés et des pentaséries linéaires*

La *monocouronne*	déterminée par	*2 feuillets cotés*	ou	*2 pentaséries,*	
» *bicouronne*	»	*3*	»	*3*	» ,
» *tricouronne*	»	*4*	»	*4*	» ,
» *tétracouronne*	»	*5*	»	*5*	» ,
» *pentacouronne*	»	*6*	»	*6*	» ,
L'*hexacouronne*	»	*7*	»	*7*	» .

De même qu'en géométrie ponctuelle un *faisceau* de plans est l'ensemble des plans qui possèdent une droite commune, de même en géométrie réglée, le *monofaisceau* de complexes linéaires est l'ensemble des complexes qui possèdent une congruence linéaire commune (la congruence linéaire est en effet l'intersection de deux complexes comme la droite est l'intersection de deux plans). De même, en géométrie feuilletée, une *monocouronne* de pentaséries linéaires est l'ensemble des pentaséries qui possèdent une tétrasérie linéaire commune. Comme toute monocouronne possède 2 feuillets de cote nulle, il y aura,

dans toute monocouronne de pentaséries, 2 pentaséries *spéciales* (comme dans tout monofaisceau de complexes linéaires il existe 2 complexes *spéciaux*).

Continuant la comparaison entre lès différentes géométries, on verrait que : de même qu'une *gerbe* de plans est l'ensemble des plans qui possèdent un point commun, de même qu'un *bifaisceau* de complexes linéaires est l'ensemble des complexes qui possèdent un hyperboloïde commun, de même une *bicouronne* de pentaséries linéaires est l'ensemble des pentaséries qui possèdent une trisérie linéaire commune.

Enfin, de même qu'un *trifaisceau* de complexes linéaires est l'ensemble des complexes qui ont en commun un couple de droites, de même une *tricouronne* de pentaséries linéaires est l'ensemble des pentaséries qui possèdent une bisérie linéaire commune ; une *tétracouronne* de pentaséries linéaires est l'ensemble des pentaséries qui possèdent une monosérie linéaire commune ; enfin une *pentacouronne* de pentaséries linéaires est l'ensemble des pentaséries qui possèdent 2 feuillets communs.

L'analogie entre les trois géométries fondamentales est donc complète.

NITRATION

DE LA

DIMÉTHYL-M-PHÉNÉTIDINE

PAR

Frédéric REVERDIN

Il a été souvent constaté que les combinaisons aromatiques renfermant un ou plusieurs groupes « éthoxy » ou « éthyle » ne se comportent pas, dans certaines réactions, de la même manière que les combinaisons analogues renfermant un ou plusieurs groupes « méthoxy » ou « méthyle ».

L'étude comparative de telles substances présente donc un certain intérêt, car elle peut conduire à faire un choix judicieux des combinaisons à mettre en réaction ou des conditions à observer, pour la préparation de composés encore inconnus.

Je rappellerai, à cette occasion, que lorsqu'on nitre, par exemple, l'acide diéthyl-p-aminobenzoïque ou son éther éthylique [1], il se forme un dérivé mononitré de l'acide monoéthylaminobenzoïque ou de son éther, un des radicaux alcooliques liés à l'azote étant éliminé, tandis que dans les mêmes conditions l'acide dimétyl-p-aminobenzoïque ou son éther méthylique fournissent un dérivé mononitré dans lequel les deux résidus alcooliques liés à l'azote sont restés dans la molécule, soit l'acide mononitro-diméthylaminobenzoïque ou son éther méthylique. Dans des recherches faites avec L. Fürstenberg [2] sur la nitration de la p-phénétidine, nous avions également constaté

[1]) Avec de Luc, *Archives*, t. XXVIII, 1909, p. 36.
[2]) Avec L. Fürstenberg, *Bull.* 1913 (4), t. XIII, p. 671, et Dissertation inaugurale de L. F., Imprimerie E. Chaulmontet, Genève, 1913.

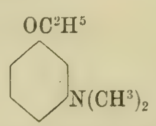
quelques différences, minimes il est vrai, dans la manière dont se comporte cette base. comparativement à la p-anisidine; à l'occasion de cette étude, nous avons déjà signalé que dans la dinitro-3-5-p-phénétidine le résidu « éthyle » est beaucoup moins solidement fixé à l'oxygène que le résidu « méthyle » dans la dinitro-3-5-p-anisidine et nous n'avions pas réussi, dans les conditions de nos essais, à obtenir avec la p-phénétidine un composé dinitré en 2-5-, lequel se forme facilement dans des conditions semblables, en partant de l'anisidine (par nitration des dérivés acétylés de l'une et de l'autre base).

On sait aussi que le groupe « éthyle » de la diéthylaniline confère à cette base des caractères qui diffèrent, au point de vue réactionnel, de ceux de la diméthylaniline.

C'est donc dans le but d'apporter une nouvelle contribution à ce genre de recherches, qu'après avoir étudié, avec de Luc (1), la nitration de la diméthyl-m-anisidine, j'ai passé à l'examen des composés analogues renfermant des groupes « éthyle » ou « éthoxy ».

Je commencerai par rendre compte des résultats obtenus dans la nitration de la diméthyl-m-phénétidine, en me réservant de communiquer dans un prochain mémoire les recherches analogues faites avec la diéthyl-m-phénétidine.

La *diméthyl-m-phénétidine* :



a déjà été préparée en 1883 par von Baur et W. Staedel (2), en chauffant, en tube scellé à 145°, le bromhydrate de m-phénétidine avec de l'alcool méthylique. Wagner l'avait aussi obtenue par l'action de l'iodure de méthyle sur la m-phénétidine et en avait décrit quelques propriétés (3). Enfin Grimaux (4) en avait étudié diverses réactions.

(1) Avec de Luc, *Archives*, 1914, t. XXVII, p. 423.
(2) *D. chem. Gess.*, 1883, t. XVI, p. 33.
(3) J. f. prakt. Chem., 1885 (4), t. XXXII, p. 77.
(4) *Bull.*, 1891 (3), t. V, p. 646 et 1901, t. XXV, p. 215-219.

Le produit qui a servi pour les recherches dont je vais rendre compte a été préparé, avec la collaboration de J. Lokietek, en faisant réagir le sulfate de méthyle sur la m-phénétidine. Lorsqu'on introduit la base dans du sulfate de méthyle, il se produit une réaction violente et la température monte à 80°. Cette première réaction étant passée, on chauffe encore une heure au bain-marie, puis on traite le produit de la réaction par la lessive de soude et on purifie par la méthode habituelle (traitement à l'anhydride acétique) pour éliminer la base qui a échappé à la méthylation ainsi que le dérivé monométhylé qui a pu se former. La *diméthyl-m-phénétidine,* après purification, est une huile incolore, d'une odeur caractéristique, se colorant rapidement en brun à la lumière et se mélangeant en toutes proportions avec l'acide acétique et l'alcool. La base ainsi obtenue distillait à 256° et non à 247° comme l'a indiqué Wagner. Le rendement par notre procédé a été de 86 %.

Nitration de la diméthyl-m-phénétidine

Lorsqu'on introduit peu à peu 10 c. c. d'acide nitrique de D = 1.4, dans une solution refroidie par un mélange de glace et de sel, de 3 c.c. de base dans 25 c.c. d'acide acétique, la température monte à peine, le liquide ne se colore pas et la nitration ne se fait pas, il y a simplement formation de nitrate soluble dans l'eau. La réaction ne commence que lorsqu'on porte le mélange au bain-marie, à température modérée ou à la longue en l'abandonnant à la température ordinaire. Lorsqu'on chauffe légèrement au bain-marie, le liquide se colore peu à peu en brun-rouge et vers 70°, il commence à se dégager des vapeurs nitreuses. En coulant dans l'eau, il se dépose un précipité plus ou moins résineux, qui se transforme, après quelques heures, en flocons jaunes. Ce produit cristallise dans l'alcool en jolies aiguilles jaunes f. vers 110° et en le cristallisant de nouveau dans un mélange de benzène et de ligroïne, on l'obtient en aiguilles presque blanches f. à 113-114°. Le rendement a été de 4 gr. pour le produit brut et de 2 gr. pour le produit purifié.

La substance ainsi préparée donne la réaction de Liebermann et correspond, d'après l'analyse et la détermination de sa constitution qui sera indiquée plus loin, au *dinitro-4-6-nitrosométhylamino-3-éthoxy-1-benzène :*

$$\text{Cycle benzénique : } OC^2H^5 \text{ (1)}, \ NO^2, \ N\begin{smallmatrix}CH^3\\NO\end{smallmatrix}, \ NO^2$$

0.1022 gr. Subst. ont donné 19.3 cc. N (19°,5 ; 736 mm.)
Soit trouvé : N = 20.94 %
Calculé pour $C^9H^{10}O^6N^4$: N = 20.75 %

Si, dans cette nitration, au lieu de chauffer au bain-marie après introduction de l'acide nitrique à froid, on abandonne le produit de la réaction à la température ordinaire, on remarque que le liquide se colore peu à peu en brun et qu'il y a déjà vers 20-25° un léger dégagement de vapeurs nitreuses ; si l'on coule alors dans l'eau, on obtient un précipité jaune canari duquel on peut retirer, par cristallisation dans l'alcool, deux produits, l'un moins soluble, cristallisé en belles aiguilles jaunes, f. à 172° et l'autre que l'on retire des eaux-mères ; ce dernier est identique au dérivé nitrosaminé décrit ci-dessus, f. à 113-114°.

Le composé f. à 172° se forme presque uniquement si l'on coule le produit de la réaction à une température inférieure, soit vers 12°.

Il cristallise très bien dans l'alcool ainsi que dans l'acétone et constitue le *dinitro-4-6-diméthylamino-3-éthoxy-1-benzène :*

$$\text{Cycle benzénique : } OC^2H^5, \ NO^2, \ N(CH^3)_2, \ NO^2$$

0.994 gr. Subst. ont donné 15.1 cc. N (20.5° ; 718 mm.)
Soit trouvé : N = 16.29 %
Calculé pour $C^{10}H^{13}O^5N^3$: N = 16.49 %

Le *dérivé nitrosaminé* f. à 113-114° traité à la température du bain-marie en solution dans l'anhydride acétique par de l'acide

nitrique de D = 1.52, fournit le *dérivé nitraminé* correspondant, f. à 137-138°, qui se forme également en opérant la nitration de la diméthyl-m-phénétidine de la manière suivante :

On dissout 2 grammes de la base dans 20 cc. d'anhydride acétique et on introduit dans cette solution, refroidie au robinet, 10 c.c. d'acide nitrique de D = 1.52, la température monte pendant l'opération à 20° environ. Il se dépose de cette solution, abandonnée à la température ordinaire, des cristaux prismatiques complètement blancs, f. à 137-138° (Rt. 1 gr. 2) et en ajoutant de l'eau à la solution filtrée, on retire encore 1 gr. 2 de produit impur, f. une dizaine de degrés plus bas.

Le premier produit est déjà complètement pur, il cristallise dans l'alcool, donne la réaction de Liebermann, comme beaucoup de nitramines [1], et constitue le *dinitro-4-6-méthylnitramino-3-éthoxy-1-benzène :*

OC^2H^5

NO^2 — $N\begin{smallmatrix}CH^3\\NO^2\end{smallmatrix}$

NO^2

0.1343 gr. Subst. ont donné 23.3 cc. N (15°,5 ; 728 mm.)
0.0957 » » 17.25 » (22°,0 ; 725 »)
Soit trouvé : N = 19.40 ; 19.37 %
Calculé pour $C^9H^{10}O^7N^4$: N = 19.58 %

Le *dérivé nitrosaminé* f. à 113-114° dont il a été question précédemment, bouilli pendant une heure avec de l'acide chlorhydrique légèrement étendu, ne se dissout que partiellement, mais il se transforme néanmoins en grande partie en un composé cristallisant dans l'alcool en jolies aiguilles jaunes, feutrées, f. à 210° constituées par le *dinitro-4-6-monométhylamino-3-éthoxy-1-benzène :*

OC^2H^5

NO^2 — $N\begin{smallmatrix}CH^3\\H\end{smallmatrix}$

NO^2

0.1074 gr. Subst. ont donné 17.6 cc. N (21° ; 719 mm.)
Soit trouvé : N = 17.54 %
Calculé pour $C^9H^{11}O^5N^3$: N = 17.43 %

[1]) Voir *Archives,* 1910, t. XXIX, p. 376 ; 1912, t. XXXIII, p. 332, etc.

Ce même composé prend également naissance lorsqu'on traite par la méthode habituelle, c'est-à-dire par ébullition avec le phénol, le *dérivé nitraminé,* f. à 137-138°.

Constitution

La constitution des divers composés nouveaux provenant de la nitration de la diméthyl-m-phénétidine a été déterminée en soumettant le *dérivé nitraminé* à l'action de la potasse.

Lorsqu'on chauffe au bain-marie, pendant une heure, 0 gr. 5 de ce produit avec une solution alcoolique de potasse (10 c. c. à 1/20), il se dissout en brun, puis il y a formation d'un dépôt (sel de K.). Le produit de la réaction, ayant été repris par l'eau, après avoir chassé l'alcool, a été précipité par l'acide chlorhydrique, puis le précipité lavé a été transformé en *sel de Ba*, lequel cristallise en jolies paillettes brunes très difficilement solubles dans l'eau. Ce sel, décomposé par l'acide chlorhydrique, a fourni le *dinitro-4-6-monométhylamino-3-phénol-1,* en petites paillettes jaune-brun, f. à 182° que de Luc et moi-même [1] avions déjà obtenu en soumettant à la même réaction le *dinitro-4-6-méthylnitramino-3-méthoxy-1-benzène* et dont nous avions déterminé la constitution.

OH
NO^2
$N{}^{CH^3}_{H}$
NO^2

Ce dérivé se forme donc par élimination simultanée du groupe « éthyle » de l' « éthoxy » et du groupe « nitro » de la nitramine, qui sont remplacés par de l'hydrogène.

Si l'on compare la nitration de la diméthyl-m-phénétidine à celle de la diméthyl-m-anisidine, on constate que l'on obtient dans les diverses conditions indiquées la même série de produits nitrés et que la seule différence est celle de la tempéra-

[1]) *Archives,* 1914, t. XXVIII, p. 410.

ture à laquelle s'effectue l'élimination d'un groupe « méthyle » et son remplacement par l'hydrogène ou par les groupes « nitroso » ou « nitro ». Dans le cas de la diméthyl-m-phénétidine, ces réactions commencent à des températures plus élevées que dans le cas de la diméthyl-m-anisidine. La substitution du résidu éthylique au résidu méthylique lié à l'oxygène phénolique ne parait donc exercer qu'une influence retardatrice sur le moment où commence la réaction avec l'acide nitrique.

Note. — Dans notre étude sur la nitration de la diméthyl-m-anisidine faite avec de Luc et citée plus haut, nous n'avions pas saisi la formation du *dinitro-4-6-méthylnitrosamino-3-méthoxy-1-benzène :*

OCH^3

NO^2 — $N\begin{smallmatrix}CH^3\\NO\end{smallmatrix}$.

NO^2

mais instruit par les expériences faites avec la diméthyl-m-phénétidine, j'ai réussi à l'isoler en nitrant par la méthode indiquée précédemment et coulant à 45°, au moment où se dégagent des vapeurs nitreuses. Le produit, après purification, est en aiguilles jaune-citron, f. mal, se ramollissant déjà vers 115° pour couler complètement quelques degrés plus haut, il donne la réaction de Liebermann et il est à remarquer que l'introduction de l'acide nitrique dans la solution acétique de la base provoque immédiatement une coloration brune, ce qui n'est pas le cas avec la diméthyl-m-phénétidine plus stable.

0.1511 gr. Subst. ont donné 27.6 cc. N (15° ; 751 mm.)
Soit trouvé : = 21.40 %
Calculé pour $C^8H^8O^6N^4$: N = 21.87 %

Avril 1915 — Laboratoire de chimie organique de l'Université de Genève.

SUR L'ANALYSE

DE

QUELQUES PLATINES DE L'OURAL

ET SUR LA

MÉTHODE ANALYTIQUE POUR LA SÉPARATION

DES

MÉTAUX DU MINERAI DE LA MINE DE PLATINE

PAR

Ide KOIFMAN

Depuis plusieurs années, M. le prof. L. Duparc fait poursuivre sous sa direction, dans ses laboratoires, des recherches sur l'analyse des platines natifs de l'Oural et sur les méthodes de ces analyses :

Plusieurs travaux de MM. Duparc et Holtz, Wunder et Thuringer ont déjà paru sur ces sujets.

Le matériel ayant servi à ces recherches provenait de la collection des platines natifs de M. le prof. L. Duparc et avait été récolté par lui-même.

Dans son récent travail de thèse, M. Victor Thuringer a indiqué une méthode nouvelle, basée sur un autre groupement dans la séparation des éléments, groupement effectué comme suit :

1. Osmiure d'Iridium.
2. Platine et Iridium.
3. Palladium et Or.
4. Rhodium et Cuivre.
5. Fer.

Cette méthode, que j'ai eue l'occasion d'appliquer à fois réitérées est la suivante :

Dosage de l'Or

La plupart des minerais de platine contiennent de l'or dans des proportions très variables. Il s'y trouve le plus souvent sous forme de grains ou de pépites mélangés au minerai, rarement sous forme d'un alliage avec les métaux de ce dernier. Dans le premier cas, il est à considérer comme un constituant accidentel sans importance et on peut l'enlever mécaniquement.

On étale une prise de 15-20 grammes de minerai sur une feuille de papier blanc glacé. A l'aide d'un petit pinceau pointu et d'une loupe, on pousse de côté toutes les particules d'or visibles et on les pèse sur un verre de montre.

Remarque. — On peut sans inconvénient laisser l'or dans le minerai, puisque notre méthode en permet le dosage ultérieur, ceci dans le cas d'une analyse industrielle. S'il s'agit de la composition du minerai pur de platine, il faut éliminer l'or.

Echantillonnage-pesée

On prélève sur le minerai un échantillon d'environ 12 grammes, qui a été débarrassé d'or, on l'étale sur une feuille de papier sous forme d'une couche carrée, d'épaisseur uniforme. Au moyen d'une spatule on trace deux diagonales en divisant de cette façon en quatre quadrants. Chacune de ces parties d'environ 3 gr. représente la quantité nécessaire pour une analyse ; puisqu'on fait toujours deux essais parallèles, on prendra deux quadrants opposés. Il n'est pas recommandable d'augmenter les prises : cela aurait comme conséquence des précipités trop abondants et des filtrats volumineux dont le maniement serait assez difficile ; l'exactitude n'y gagnerait rien.

Attaque du minerai par l'eau régale

La prise pesée est introduite dans une fiole conique de 200 cm³ de contenance. On y verse 10 cm³ d'acide azotique concentré et autant d'acide chlorhydrique concentré.

La fiole est couverte d'un petit entonnoir et par quelques légères secousses on étale bien le minerai sur le fond du récipient ; ensuite on la place dans un bain d'air dont la température est réglée à 60-70° ; à une température supérieure, le dégagement du chlore serait trop vif et alors ce gaz et le chlorure de nitrosyle se dégageraient sans avoir le temps d'agir sur le minerai. Peu à peu, chaque fois après un intervalle de quelques heures, on ajoute quelques centimètres cubes d'acide chlorhydrique, pour obtenir du chlore *in statu nascendi,* jusqu'à concurrence de 40-50 cm³ au total.

Le traitement à l'eau régale demande deux à trois jours, temps qui suffirait même dans le cas de minerais à très grandes pépites. Si, après ce laps de temps, on aperçoit encore des grains métalliques sur le fond de la fiole et s'il y a des doutes à les considérer comme osmiures, sable ou minerai non dissous, on filtre, par décantation, la solution étendue au préalable en lavant le résidu à l'eau acidulée (HCL 1 %) jusqu'à ce que le filtrat passe incolore. Le résidu dans la fiole est traité de nouveau par 20 cm³ d'eau régale pendant 12 heures. Cette fois-ci on évapore à sec et on reprend par l'acide chlorhydrique étendu ; une très légère coloration de cette solution indique l'épuisement total du minerai.

On emploie le même filtre dont on s'est déjà servi et on y porte toutes les particules solides contenues dans la fiole ; l'opération est un peu difficile à cause du poids spécifique très élevé des osmiures. Il faut tourner complètement la fiole et diriger verticalement contre le fond le jet d'une pissette dont le bout a été recourbé dans ce but. On lave avec l'acide chlorhydrique étendu jusqu'à ce qu'on n'obtienne plus la réaction du fer ; un lavage à l'eau enlève l'acide qui rendrait le filtre cassant pendant la dessication.

Dosage des osmiures et du sable

Le filtre, qui retient donc les osmiures, le sable, la gangue, le fer titané et la chromite, est séché à une température modérée. Ensuite on détache son contenu avec une spatule sur une feuille de papier glacé blanc ; le filtre est incinéré dans un creu-

set de porcelaine taré, avec une très petite flamme; l'enduit de charbon qui se dépose au bord supérieur est détruit par une flamme plus forte, tout en évitant de chauffer jusqu'au rouge les particules qui sont au fond. Après refroidissement du creuset on y introduit les osmiures et le sable, à l'aide d'une barbe de plume; on chauffe encore quelques instants pour brûler les fibres du filtre adhérents au métal, on laisse refroidir et l'on pèse. Le poids trouvé donne la somme des osmiures et du sable; ce dernier est déterminé par différence après une désagrégation au borax qui se fait de la manière suivante :

Dans un petit creuset en terre réfractaire (n° 1 des creusets de Paris) dont on a préalablement garni les parois de borax fondu, on introduit, après refroidissement, la partie insoluble du minerai, avec 5-6 grammes d'argent fin qu'on ne pèse pas. On remplit ensuite le creuset, aux trois quarts, de borax fondu, en poudre.

Le creuset est placé dans un four Perrot dont on augmente progressivement la température jusqu'à obtenir le point de fusion de l'argent; on maintient cette température pendant une demi-heure. Après refroidissement du creuset, celui-ci est cassé soigneusement et l'on retire le culot d'argent qu'on débarrasse du borax en traitant pendant quelque temps à l'acide sulfurique dilué, au bain-marie. Le culot lavé, placé dans un becher couvert, est dissout dans l'acide azotique étendu; les osmiures restent comme résidu insoluble. On filtre, lave à l'eau chaude jusqu'à ce qu'on n'obtienne plus de réaction d'argent, et on calcine avec les précautions mentionnées plus haut.

Le rôle de l'argent dans cette opération n'est pas celui d'un dissolvant des osmiures, il est plutôt mécanique : l'argent fondu englobe les osmiures, tandis que le borax désagrège et absorbe le sable et la gangue.

Dosage des parties solubles dans l'eau régale

Le filtrat obtenu plus haut, réuni avec les eaux de lavage acides, est concentré dans un becher haute forme jusqu'à consistance pâteuse; on évite l'évaporation à sec, autrement l'or serait réduit partiellement en métal. On reprend plusieurs fois

par l'acide chlorhydrique concentré, en évaporant, pour éliminer complètement l'acide azotique. Le résidu pâteux, dissous dans l'eau chaude, est transvasé dans un petit becher de 150 cm³ et concentré sur un bain d'air jusqu'à un volume de 30 cm³. A ce moment on fait passer un courant de chlore dans le liquide encore chaud, ceci pendant une demi-heure, et on laisse refroidir.

On obtient aisément un courant de chlore comme suit: dans un ballon de 500 cm³ on introduit 15 grammes de permanganate de potassium en poudre, on ferme avec un bouchon en caoutchouc percé de deux trous: par l'un passe la tige d'un entonnoir à robinet renfermant de l'acide chlorhydrique concentré, par l'autre passe un tube de dégagement pour le chlore. Le robinet est réglé de telle façon qu'il se produise un dégagement régulier de gaz, qu'on lave en le faisant passer dans un flacon qui contient de l'eau. Ensuite on place le becher, avec le petit tube de verre qui a servi à l'introduction du chlore, dans un bain d'air dont la température a été réglée strictement à une limite de 38-42°.

Ici on laisse évaporer jusqu'à l'état pâteux, c'est-à-dire que le résidu doit conserver son aspect humide. Dans les conditions indiquées, la concentration réclame environ deux jours.

Ce traitement s'impose pour les considérations suivantes :

1° Enlever toute trace d'acide azotique.

2° Transformer tout l'iridium en tétrachlorure.

3° L'évaporation à sec réduirait une partie de l'or et en outre il se formerait des sels basiques difficilement solubles.

En suivant strictement ces indications, on obtient une solution claire quand on reprend par l'eau ; le tube de verre est lavé et ôté; le volume de la solution est porté à 75 cm³. Celle-ci contient $PtCl_4$, $IrCl_4$, $RhCl_3$, $PdCl_2$, $AuCl_3$ ou bien leurs combinaisons respectives avec l'acide chlorhydrique, enfin $CuCl_2$. et $FeCl_3$.

Dosage du platine et de l'iridium

La solution aqueuse obtenue est sursaturée par du chlorure d'ammonium pur; on en ajoute 28-30 grammes par petites portions, en agitant bien. En aucun cas il ne faut chauffer pour

accélérer la dissolution, car on risquerait de transformer le sel d'iridium ; on connaît aussi l'inconvénient qui résulte de la cristallisation du chlorure d'ammonium dans une pareille solution.

Le chlorure d'ammonium précipite la platine comme chloroplatinate d'ammonium $(NH_4)_2 PtCl_6$ et l'iridium comme chloroiridate d'ammonium $(NH_4)_2IrCl_6$, composés insolubles dans une solution saturée de chlorure d'ammonium. Les sels de rhodium et de palladium donnent, dans ces conditions, des composés solubles dans une solution saturée de chlorure d'ammonium. Le précipité pur de platine a une couleur jaune-citron, celui de l'iridium, une couleur brun-foncé. Pour un mélange des deux, suivant la proportion, la couleur sera rouge brique ou brune.

Deville et Debray effectuaient ce dosage en présence d'alcool ; selon nos expériences, il n'y a aucun intérêt à ajouter de l'alcool ; au contraire, nous avons remarqué que les sels de rhodium et de palladium sont alors réduits en partie à l'état métallique et se trouvent ensuite mêlés au platine et à l'iridium.

La filtration du précipité a lieu après un intervalle de deux jours, pendant lequel on agite fréquemment. On porte sur un filtre muni d'un cône de platine. La liqueur claire surnageante est versée sur le filtre; le précipité est lavé par décantation, chaque fois avec 40-50 cm^3 de solution saturée à froid de chlorure d'ammonium, avec laquelle on le laisse en contact assez longtemps en le remuant parfois. On continue de cette façon jusqu'à ce qu'on n'obtienne plus la réaction du fer; enfin on porte tout le précipité sur le filtre et on essore bien à la trompe. Un bon lavage réclame environ 600-700 cm^3 de solution de chlorure d'ammonium. Maintenant on lave le précipité à l'alcool pur concentré et on recueille ce filtrat à part, on l'évapore à sec et après l'avoir dissout dans un peu d'eau et on l'ajoute à la première solution.

Le filtre encore humide est plié de façon à bien enfermer partout le précipité, on l'introduit dans un creuset en porcelaine spacieux, la pointe dirigée en haut. Par mesure de précaution, le creuset et son couvercle sont taré à part. La calcination doit être faite avec grande précaution. La mousse de platine et d'iridium obtenue peut contenir des traces de fer,

pour l'en débarrasser on la met dans une capsule de porcelaine, puis on fait digérer avec l'acide chlorhydrique étendu pendant une heure sur le bain-marie, porte sur le filtre, lave à fond et calcine dans le même creuset : ensuite on fait la même réduction dans un courant d'hydrogène et on pèse.

Grâce à ses propriétés analogues, le ruthenium se trouve avec ces métaux et reste dans la masse de l'iridium après le traitement par l'eau régale. Je ne puis pas indiquer une bonne méthode de séparation de ces deux métaux.

Pour séparer le platine d'avec l'iridium, on fait digérer la mousse de ces métaux dans une capsule de porcelaine, avec de l'eau régale étendue préalablement à (1 -5). Cette digestion a lieu dans un bain d'air dont la température ne doit pas dépasser 50°, aussi pour éviter une concentration de l'eau régale, la capsule doit être couverte par un verre de montre. On répète cette opération en renouvelant le dissolvant jusqu'à ce qu'une digestion de 12 heures laisse l'eau régale incolore. Les solutions sont décantées par un filtre; celui-ci avec les particules métalliques entraînées auparavant est incinéré dans le creuset de porcelaine taré dont on se servira pour le dosage de l'iridium; le résidu est introduit dans la capsule de porcelaine et on fait digérer encore une fois avec de l'eau régale étendue. Finalement on porte le tout sur un filtre, lave à l'acide chlorhydrique à 1 %, sèche, calcine, réduit dans un courant d'hydrogène et pèse l'iridium.

Dans la suite de l'analyse on trouve encore des traces de platine et d'iridium qui, après leur séparation d'avec le rhodium, participent aux opérations décrites tout à l'heure.

Comme des traces d'iridium sont solubles dans l'eau régale étendue, il est à recommander de reprécipiter le platine de la dissolution : d'après la couleur du chloroplatinate d'ammonium on peut juger de l'absence ou de la présence de l'iridium, en répétant au besoin l'opération à l'eau régale.

Dosage de l'or et du palladium

Le filtrat du Pt et Ir, consiste en une solution saturée de chlorure d'ammonium, qui contient les sels des métaux suivants :

Pd, Au, Rh, Cu, Fe, ainsi que des traces de Pt et Ir.

On ajoute à la liqueur chauffée, 0,75-1,00 gr. de diméthylglyoxime dissoute dans de l'eau bouillante; la couleur jaune de la liqueur vire au brun; on continue à chauffer jusqu'à formation du précipité de palladium. Celui-ci peut être suivant le cas d'un jaune pur ou d'un brun plus ou moins foncé. Dans le premier cas on procède comme d'ordinaire au dosage du palladium. La coloration plus foncée du précipité indique la présence de l'or ou du platine, et même des deux à la fois. Dans ce cas on filtre la solution sur un filtre durci, après refroidissement; on lave le précipité avec de l'eau légèrement acidulée, on sèche et incinère dans un creuset de porcelaine taré, destiné au dosage du palladium; on finit par chauffer au chalumeau.

La mousse obtenue est dissoute par quelques gouttes d'eau régale dans une petite capsule de porcelaine qu'on couvre d'abord avec un verre de montre. L'acide nitrique est éliminé par évaporations répétées à l'acide chlorhydrique, finalement on évapore à sec. S'il y a du platine, celui-ci est précipité avec du chlorure d'ammonium; le précipité est porté sur un filtre, lavé à l'alcool absolu et dosé comme d'ordinaire. Le filtrat est évaporé à sec dans un becher; on traite le résidu à plusieurs reprises par de l'acide azotique, ensuite avec de l'acide chlorhydrique; de cette façon le chlorure d'ammonium, qui gênerait la précipitation ultérieure de l'or, est décomposé. On dissout le résidu, privé de l'excès d'acide, dans de l'eau chaude, traite par 1-2 gr. d'oxalate d'ammonium et chauffe ensuite dans un bain d'air à 60°; au bout de 4-6 heures l'or est totalement réduit à l'état métallique. Pour accélérer le dépôt et l'agglomération de l'or, en vue d'une filtration plus facile, on y ajoute un excès d'acide sulfurique dilué. L'or est porté sur un filtre durci, lavé d'abord à l'eau acidifiée par l'acide sulfurique et finalement chlorhydrique. Le filtre séché donne après calcination un grain d'or pur.

Le filtrat de l'or contient le palladium et un excès d'acide, qu'on neutralise par de l'ammoniaque. On traite la solution faiblement acide par 1,10-0,15 gr. de diméthylglyoxime dissoute dans de l'eau bouillante et on agite. Le palladium précipite bientôt; on filtre, lave, sèche, calcine avec précaution; la

mousse est réduite dans un courant d'hydrogène et on la laisse refroidir dans une atmosphère d'acide carbonique.

Dosage du rhodium et du cuivre; traces de platine et d'iridium

Le filtrat de l'or et du palladium, dont le volume comprend 800 cm^3 environ, contient les métaux précités, à côté du fer. On y ajoute 50 gr. de grenaille de zinc pur et 50 cm^3 d'acide chlorhydrique concentré pur, en couvrant aussitôt le vase avec un verre de montre. Par le dégagement vif d'hydrogène naissant, tous les métaux de la solution, sauf le fer, sont réduits à l'état de noirs. Après 5-6 heures, la plus grande partie du zinc s'est dissoute, le dégagement devient plus lent et la liqueur parait incolore.

Durant la réduction on agite souvent les grains avec une baguette de verre pour en détacher le dépôt des noirs. Lorsque la réduction est complète et que la liqueur devient claire, on filtre ; on prend soin d'éviter toute oxydation des noirs, ce qui entraînerait une perte, à la suite d'une dissolution, même dans l'acide chlorhydrique très dilué. Pour cela on se sert d'une trompe et on a soin de maintenir le filtre toujours plein. Les grains de zinc, dont l'aspect est encore noir, sont débarrassés des dernières traces de métaux réduits par quelques gouttes d'acide chlorhydrique dilué et par un lavage à l'eau bouillante. On lave sur le filtre jusqu'à ce qu'on n'obtienne plus la réaction de l'acide chlorhydrique.

S'il faut opérer avec une grande quantité de liquide, on peut utiliser un siphon; celui-ci, formé d'un tube de verre recourbé, est interrompu près de son extrémité par un tube de caoutchouc muni d'une pince à vis; de cette façon, on peut régler l'écoulement de la solution dans l'entonnoir.

Après dessication et incinération du filtre, on calcine les noirs pendant 2-3 heures à la flamme d'un bec Teclu; le creuset de porcelaine taré est destiné au dosage du rhodium. La calcination prolongée a pour but de rendre ce métal inattaquable par l'acide azotique. Les noirs calcinés sont pulvérisés soigneusement dans un mortier en verre; on les porte dans une capsule

de porcelaine et les fait digérer sur le bain-marie avec de l'acide azotique dilué à (1+1). Après deux heures, on filtre et lave à fond. Sur le filtre restent : le rhodium avec les traces de platine et d'iridium ; le filtrat contient le cuivre, mais parfois aussi des traces de rhodium.

Pour doser le cuivre, on évapore la solution à sec, on transforme les sels en chlorures. Le résidu est dissout dans de l'eau ; la dissolution obtenue est neutralisée. On y ajoute un excès d'acide sulfureux et du sulfocyanure de potassium goutte à goutte. tant qu'il se forme le précipité blanc de sulfocyanure de cuivre, en évitant toutefois un grand excès de réactif. Après quelques heures, le précipité s'est complètement déposé. On filtre à travers un creuset de Gooch taré, lave le précipité à l'eau froide; on le dessèche à poids constant à 110° et on calcule le cuivre qui correspond au poids trouvé de $Cu_2(CNS)_2$.

Pour déceler le rhodium dans le filtrat du cuivre, on l'évapore à sec, on ajoute avec précation de l'acide azotique, ensuite de l'acide chlorhydrique pour décomposer les composés sulfocyaniques. S'il y a du rhodium, on le filtre, calcine et on ajoute cette portion au résidu de l'attaque des noirs par l'acide azotique. On met le tout dans un mortier de verre, on le broie en poudre fine avec du bisulfate de potassium fondu et l'on introduit le mélange dans un creuset de platine.

En prenant certaines précautions, tout le rhodium passe, par fusion du mélange, à l'état de sulfate soluble, tandis que l'iridium est à peine oxydé et que le platine ne subit aucun changement.

Le creuset de platine couvert, rempli jusqu'aux deux tiers, est chauffé d'abord avec une très petite flamme. Il vaut mieux le poser sur une toile d'amiante qu'on chauffe jusqu'à ce que le contenu du creuset soit devenu fluide; après on grandit la flamme jusqu'à ce que la toile devienne rouge. En chauffant directement sur la flamme, on risque d'obtenir une température trop élevée, qui aurait comme conséquence de rendre insoluble une partie du sel de rhodium formé. Puisque le rhodium ne se dissout que lentement et qu'on se voit souvent forcé de réitérer cette opération, nous la prolongerons durant 29-30 heures, après cet intervalle tout le rhodium s'est dissout.

En reprenant le culot fondu par l'eau chaude, il se forme quelquefois un sel blanc insoluble, probablement du sulfate basique de rhodium qui résiste même à l'action des acides chlorhydrique ou sulfurique. Pour obvier à cet inconvénient, on introduit le creuset de platine dans une capsule de porcelaine, on y ajoute 10-15 cm^3 d'acide chlorhydrique concentré et de l'eau en quantité suffisante; à la température du bain-marie le sulfate de rhodium de même que l'excès de pyrosulfate alcalin se dissolvent. Un résidu métallique dénote la présence du Pt et de l'Ir. On ôte le creuset de platine, après l'avoir lavé, on filtre la liqueur et lave le filtre à fond avec de l'eau acidifiée.

Dans le filtrat, on réduit le rhodium par le zinc; on filtre, lave, sèche et calcine; le métal peut contenir encore de l'oxyde de zinc, qu'on enlève par un lavage à l'acide chlorhydrique dilué. On le calcine de nouveau dans un courant d'hydrogène, en laissant refroidir dans une atmosphère d'acide carbonique sec.

Le résidu de la fusion au bisulfate est calciné, réduit et pesé dans le creuset destiné au dosage de l'iridium. Ensuite on soumet cette portion au traitement par l'eau régale diluée.

Dosage du fer en présence du zinc

Le filtrat des métaux séparés comme noirs contient du fer en présence d'une quantité considérable de zinc. Si l'on a effectué la réduction en solution trop acide ou bien s'il y a eu une oxydation pendant la filtration, ce filtrat peut contenir aussi du cuivre. Pour doser le fer, on porte le filtrat à un volume déterminé à l'aide d'un ballon jaugé (2 litres) et on en prend une quantité mesurée (500 cm^3). D'abord, il faut oxyder le fer; pour cela on ajoute à la liqueur bouillante de l'acide azotique, ceci peu à peu, jusqu'à coloration nettement jaune. La dyméthylglyoxime a été décomposée dans ces conditions. L'excès d'acide libre est neutralisé exactement par le carbonate d'ammonium, un léger trouble est redissout dans quelques gouttes d'acide; à la liqueur bouillante on ajoute alors 2-3 gr. d'acétate de soude et on couvre aussitôt avec un verre de mon-

tre; après quelqees secondes on éloigne la flamme, on remue bien la liqueur et on laisse déposer l'acétate basique de fer. La liqueur surnageante est décantée sur un filtre muni d'un cône de platine, le précipité est lavé par décantation à l'eau bouillante, contenant un peu d'acétate de soude. Ensuite on redissout le précipité dans l'acide chlorhydrique; lave le filtre à l'eau bouillante acidifiée, réunit ces liqueurs et l'on précipite de nouveau comme acétate ferrique basique. Finalement, on redissout ce précipité dans l'acide chlorhydrique et on précipite à chaud par l'ammoniaque. L'oxyde ferrique calciné est pesé; on calcule le fer métallique correspondant.

Calcul de l'analyse

Pour exprimer en pour cent la composition du minerai de platine pur, hormis le sable, on retranche la valeur trouvée en pour cent de celui-ci, du chiffre 100,000 on divise le chiffre 100 par le reste obtenu, jusqu'à obtenir cinq décimales. On obtient de la sorte un facteur par lequel on multiplie les pourcentages du minerai brut.

Comme contrôle de cette méthode, M. Thuringer a préparé un mélange des éléments du minerai de la mine de platine dans les proportions les plus ordinaires et en a fait ensuite l'analyse; les résultats qu'il a obtenu sont les suivants :

Pesé	Trouvé	Pesé	Trouvé
Pt 2,0862	2,0788	Pt 2,1904	2,1864
Ir 0,0916	0,0922	Ir 0,0752	0,0743
Pd 0,0252	0,0252	Rh 0,0252	0,0240
Rh 0,0392	0,0381	RH 0,0284	0,0282
Cu 0,0802	0,0752	Au 0,0310	0,0305
Fe 0,4189	0,4226	Cu 0,0802	0,0778
Au —	—	Fe 0,3346	0,3423

Platine du Taguil

M. le prof. Duparc a désiré vérifier également la valeur de cette méthode non pas sur un mélange, mais sur le minerai

lui-même en faisant opérer par différentes personnes sur le minerai même. Cette vérification a d'abord été faite sur le platine du Taguil. L'échantillon soumis à l'analyse était une prise de 50-60 gr. faite sur un stock de 32 pouds (512 kilos) de platine, produit de la réunion des platines des divers centres de Taguil. Cet échantillon peut donc être considéré comme le type moyen des platines dunitiques du Taguil. Les analyses ont été faites par MM. Thuringer, Bordato et par moi-même. Les résultats sont consignés dans les tableaux suivants :

Analyse du platine moyen du Taguil

	I [1]			II [2]			III [3]		
	A	B	M	A	B	M	A	B	M
Os	1,28	1,46	1,37	1,72	1,51	1,62	1,50	1,57	1,53
Pt	77,18	77,18	77,18	77,14	77,19	77,12	77,12	77,11	77,12
Ir	3,00	2,98	2,99	2,79	2,00	2,59	—	2,48	2,48
Rh	0,51	0,61	0,56	0,65	0,50	0,57	—	0,50	0,50
Pd	0,25	0,27	0,26	0,27	0,26	0,27	0,26	0,28	0,28
Cu	3,51	3,47	3,49	2,63	—	2,63	3,31	3,28	3,30
Fe	14,92	14,73	14,83	14,70	14,70	14,70	14,57	14,66	14,60

Les résultats de cette comparaison sont très suggestifs. Ils montrent que la méthode donne des résultats absolument concordants, non seulement entre les analyses parallèles, mais même entre divers expérimenteurs.

Ces analyses ont été calculées sur 100 parties, défalcation faite des sables qui ont été trouvés par I-1,06
II-1,00
III-1,00

La concordance est particulièrement grande pour le platine et le rhodium et surtout pour le palladium ; c'est l'iridium qui présente les oscillations les plus fortes. L'exactitude des dosages du palladium tient surtout à l'application de la nouvelle

[1]) Analyse de M. Thuringer.
[2]) Analyse de M. Bordato.
[3]) Analyse de M. Koifman.

méthode au diméthylglyoxime, ainsi qu'au groupement nouveau des éléments deux par deux. [1]

Plus tard, j'ai eu l'occasion de faire une nouvelle analyse du minerai du Taguil. Il s'agissait d'un nouvel envoi expédié à M. le prof. Duparc et provenant d'un nouveau stock produit dans les mêmes conditions que précédemment, mais correspondant à une phase plus récente d'exploitation. Les résultats que j'ai obtenus sont indiqués ci-dessous : [2]

Platine moyen de Taguil (2 échantillons)

	A	B	C	D	M
Os d'Ir	1,35	1,40	1,11	1,15	1,25
Pt	78,37	77,81	79,30	79,51	78,70
Ir	2,29	2,90	1,94	1,86	2,25
Rh	0,42	0,46	0,57	0,48	0,46
Pa	0,20	0,18	0,23	0,26	0,21
Cu	3,02	3,34	2,76	2,94	3,01
Fe	13,46	13,65	13,84	13,84	13,70

Les proportions de sable étaient de 0,84 °/₀, l'échantillon, comme le produit, ne contenait aucune trace d'or, soit allié au platine, soit libre. Cette analyse est particulièrement intéressante au point de vue des conclusions à en tirer. Il convient de remarquer que A et B ont été effectués sur 10 grammes chacune, tandis que C et D l'ont été sur 3 seulement. Tous les résultats concordent sensiblement, sauf le platine et l'iridium, la somme des deux reste la même mais le teneur en Ir est plus forte sur 10 grammes que sur 3. Cela tient certainement à la méthode employée pour la séparation de ces deux métaux par l'eau régale, méthode qui certainement est imparfaite. Il n'est possible de savoir dans quel sens l'erreur est commise et si c'est en plus ou en moins. Actuellement nous faisons des recherches en vue d'effectuer une séparation plus exacte et moins aléatoire

[1]) Composition moyenne du platine du Tanguil.
[2]) Cette méthode a été contestée sans aucune base ni aucune expérience par MM. Mylius et Mazzucheli, qui ne l'ont pas appliquée et ne la connaissent pas.

de l'iridium et nous communiquerons ultérieurement les résultats de ces recherches.

En second lieu, l'analyse indiquée, comparée avec les précédentes, montre une réelle stabilité dans la composition moyenne du platine du Taguil, et en combinant les deux séries de résultats, on obtient les chiffres suivants qui peuvent être considérés comme définitifs :

Composition moyenne du platine de Taguil

Osmiure d'Iridium	1,44
Platine	77,55
Iridium	2,56
Rhodium	0,52
Palladium	0,26
Cuivre	3,25
Fer	14,46
	100,04

Platine de l'Iss

J'ai analysé le platine de l'Iss sur un échantillon qui m'a été remis par M. le prof. Duparc qui le tenait lui-même de la compagnie industrielle de platine. Cet échantillon était une prise d'essai faite sur un gros stock de platine coulé dans diverses laveries du centre de l'Iss, il représente, comme celui du Taguil, la composition moyenne en platine de ce second centre important.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

Analyse de platine de l'Iss

	A	B	Moyenne
Os d'Ir	4,34	4,61	4,47
Pt	85,00	85,20	85,10
Ir	1,40	1,36	1,38
Rh	0,31	0,28	0,30
Pa	0,31	0,29	0,30
Cu	0,60	0,65	0,63
Fe	7,80	7,89	7,86
	99,76	100,28	100,04

L'échantillon renfermait 0,63 de sable et 0,09 d'or qui était à l'état libre.

Cette composition, très différente de celle du Taguil, montre que sur le centre de l'Iss le polyxène prédomine de beaucoup sur les platines. L'analyse A a été faite sur une prise de 5 grammes, B sur une de 3 grammes.

Platine de l'Omoutnaya

Le centre platinifère de l'Omoutnaya est le plus méridional de tous ceux de l'Oural. J'ai eu l'occasion d'analyser un platine de ce centre qui m'a été remis par M. le prof. Duparc et qui m'a donné des résultats intéressants en ce qui concerne l'homogénéité des platines natifs. Ce platine était en très gros grains, mesurant à peu près jusqu'à 2 millimètres de diamètre. J'en ai fait deux analyses sur une prise de 50 gr. et obtenu les résultats suivants :

	A	B	Moyenne
Os d'Ir	8,76	13,00	10,88
Pt.............	80,30	74,92	77,61
Ir	5,26	7,54	6,39
Rh	0,50	0,35	0,43
Pa	0,30	0,35	0,32
Cu	2,05	1,82	1,95
Fe	2,63	2,33	2,60
	99,80	100,31	100,18

La prise A et B était de 5 grammes. Les différences observées ne sont pas dues à des erreurs d'analyse ; dans le résidu de l'attaque par l'eau régale il restait de véritables grains complètement inattaquables par une action plus prolongée de celle-ci, les uns s'écrasant difficilement, les autres pas, les grains étaient de l'osmiure d'iridium pur, les autres des éponges d'osmium débarrassées de leur platine.

Le platine de l'Omoutnaya est particulièrement intéressant par sa teneur élevée en osmium et iridium et par sa faible teneur en fer, c'est presque un platine iridié qui, comme richesse

en iridium, rappelle le platine de l'Iow, mais qui est considérablement plus pauvre en fer. Le tableau suivant, extrait des différents travaux publiés sous la direction de M. Duparc par plusieurs élèves du laboratoire de minéralogie de l'Université de Genève, résume la composition moyenne des platines des principaux centres dunitiques de l'Oural.

	Taguil	Iss	Omoutnaya	Kitlim	Iow	Kamenoutchka
Os..........	1,44	4,47	10,88	0,79	20,13	4,98
Pt..........	77,55	85,10	77,61	83,50	60,53	82,46
Ir..........	2,56	1,38	6,39	2,74	6,72	1,79
Rh..........	0,52	0,30	0,43	0,62	0,74	0,69
Pa..........	0,26	0,30	0,32	0,28	0,19	0,18
Cu..........	3,27	0,63	1,95	1,14	0,52	0,54
Fe..........	14,46	7,86	2,60	11,05	11,38	9,49

LES

CÉVENNES MÉRIDIONALES

(MASSIF DE L'AIGOUAL)

ÉTUDE PHYTOGÉOGRAPHIQUE

PAR

Josias BRAUN

(Suite[1])

I. Groupe d'associations des prairies xérophiles, type Nardus.

15. *Association à* Deschampsia flexuosa.

(Deschampsietum flexuosi).

Les pelouses non pâturées qui enveloppent les flancs du Grand Aigoual et de ses contreforts sont surtout formées par le *Deschampsia flexuosa,* Graminée élégante à chaumes roses ou bruns, à feuilles sétacées, fasciculées. Elles représentent le premier stade d'une série d'états biotiques tendant vers la reconstitution de la forêt de hêtres et apparaissent avec une grande régularité partout où le sol a été mis en défens par l'administration forestière. Une ligne nette sépare ces terrains du pacage ; d'un côté nous admirons un gazon luxuriant, couvert de fleurs ; de l'autre s'étale le *Nardetum* d'une pauvreté extrême, brouté et piétiné outre mesure par les moutons. On observe ce contraste frappant

[1]) Voir *Archives*, 1915, t XXXIX, p. 72, 167, 247, 339, 415 et 508.

tout le long de la crête entre le sommet de l'Aigoual et la cote 1564 vers le nord-ouest.

Le plus souvent les terrains mis en défens ont été reboisés en pins de montagne, mélèzes et épicéas. Le gazon à *Deschampsia flexuosa* s'y maintient longtemps si les arbres ne sont pas trop serrés. C'est le cas dans le valat supérieur de la Dauphine, où, chose extraordinaire, les *Trifolium alpinum, Luzula spicata, Leontodon pyrenaicus* et *Phyteuma hemisphæricum* s'associent au *Genista pilosa, G. sagittalis, Hieracium umbellatum* à une altitude de 1300 à 1400 m. *tout près des derniers buissons de chênes verts.* Partageant les exigences édaphiques de l'espèce dominante, le *Deschampsietum flexuosi* préfère un terreau riche en matières organiques sur sol siliceux et évite les dépressions humides.

S'il ne se rencontre aujourd'hui que dans les périmètres de reboisement soustraits au pâturage, il est cependant vraisemblable qu'il a existé de tout le temps sur les crêtes les plus élevées, émergeant de la futaie primitive, constamment fouettées par les vents. Plusieurs espèces franchement alpines répandues à l'Aigoual *(Trifolium alpinum, Phyteuma hemisphæricum, Leontodon pyrenaicus,* etc.) recherchent de préférence le *Deschampsietum* et fuient l'ombre épaisse de la hêtraie. Ils ont pu se maintenir au centre de l'immense forêt primitive grâce aux îlots gazonnés.

Voici quelques relevés de l'association à *Deschampsia flexuosa* pris dans les localités suivantes :

N° 1. Valat de la Dauphine 1350 m., clairières parmi les plantations de pins.

N° 2. Col de la Caumette 1440 m., sud.

N° 3. Ibid. 1430 m., nord.

N° 4. Valat de la Dauphine en haut, 1460 m., sud, reboisement, clairières.

N° 5. Crête entre les sources de la Jonte et les Oubrets 1500 m., sud-ouest.

N° 6. Crête entre le Grand Aigoual et cote 1564 ; ouest, 1500-1520 m.

N° 7. Versant sud du Grand Aigoual 1500 m.

Le tableau révèle la prépondérance numérique du *Deschamp-*

NUMÉRO DU RELEVÉ		1	2	3	4	5	6	7
ALTITUDE M. S. M.		1350	1440	1430	1460	1500	1520	1500
a) *Caractéristiques de 1er et 2e ordre*								
H	Trifolium alpinum	+	...	...	+	+	+	...
H	Phyteuma hemisphæricum	...	...	...	+	...	+	+
H	Leontodon pyrenaicus	+	+	+	...	+	+	...
H	Jasione perennis	+	+	+	+	+	+	+
H	Deschampsia flexuosa	8	5	8-10	5-8	8	5-8	5-6
H	Carex pilulifera	+	...	...	...	+	+	...
H	Poa violacea	+	+	+	...	...	...	...
H	Succisa pratensis	+	+	+	+	+	+	+
H	Arnica montana	2	+	+	+	+	2	...
H	Serratula monticola	2	...	+	+	+	2	+
b) *Constantes*								
H	Nardus stricta	1-2	2-5	1-5	+	1-4	1-3	2-4
H	Luzula campestris	+	+	+	+	+	+	+
G	Carex verna	+	+	+	+	+	+	+
Ch	Thymus Serpyllum	+	+	+	+	+	+	+
H	Betonica officinalis	+	+	+	+	+	+	+
H	Galium verum	+	+	+	+	+	+	+
H	Hypochœris maculata	+	+	+	+	...	+	+
H	Festuca rubra	+	3	+	...	+	2-3	...
G	Narcissus Pseudonarcissus	+	+	+	+	+	...	...
H	Campanula linifolia	+	+	+	...	+	+	...
Ch	Genista pilosa	2	...	...	+	2	+	+
Ch	Calluna vulgaris	+	...	...	+	+	+	+
H	Anthoxanthum odoratum	+	+	...	...	+	+	...
Ch	Antennaria dioica	+	...	+	+	...	+	...
Ch	Hieracium Pilosella	+	+	...	+	+	...	...
H	Meum athamanticum	...	+	...	+	+	+	...
G	Polygonum Bistorta	+	...	+	...	+	+	...
H	Lathyrus montanus	+	+	+	...	+	...	...
Ch	Cerastium arvense	+	...	...	+	...	+	+
c) *Espèces accessoires*								
H	Leucanthemum vulgare	...	+	...	...	+	+	...
H	Ranunculus nemorosus	...	+	...	+	+	...	...
H	Poa Chaixii	+	...	...	...	+	...	+
H	Lotus corniculatus	...	...	+	+	...	...	+
H	Centaurea nigra	...	+	...	...	+	...	+
Ch	Veronica officinalis	...	...	+	...	+	...	+
Ch	Senecio adonidifolius	+	+	...	...	+	...	...
Ch	Hieracium Peleterianum	+	...	...	...	...	+	+
G	Lilium Martagon	...	...	+	...	...	+	+
G	Tulipa Celsiana	+	...	...	+	...	...	+
Ch	Genista sagittalis	...	...	...	...	+	...	+
H(Ch)	Dianthus monspessulanus	...	...	...	+	...	...	+
d) *Espèces ± accidentelles*		3	4	5	9	5	4	5

sia et la rareté des autres Graminées. *Nardus stricta* et *Festuca rubra* seules apparaissent parfois plus abondamment. Au contraire les Dicotylédones et les Liliacées s'entremêlent en forte proportion. Les grands capitules dorés de l'*Arnica montana* et de l'*Hypochœris maculata,* les inflorescences éclatantes du *Senecio adonidifolius* rivalisent de splendeur avec les corolles azurées ou lilacées des *Jasione perennis, Succisa pratensis* et *Campanula linifolia.* Toutes les nuances de la gamme rouge y sont représentées, du rose tendre de *Polygonum Bistorta* jusqu'au rouge foncé du *Centaurea nigra.* Ça et là les clochettes du magnifique *Paradisia* d'un blanc pur et les thyrses du lis de montagne *(Lilium Martagon)* couronnent cet ensemble, qui a un aspect semblable aux prairies subalpines.

L'absence complète de Thérophytes et l'apparition d'une dizaine de Chaméphytes est un témoignage de l'affinité écologique du *Deschampsietum* avec les groupements similaires de pays boréaux ou élevés. Comme dans les pelouses subalpines, les Hémicryptophytes occupent de beaucoup le premier rang; plusieurs espèces annuelles de l'étage inférieur sont remplacées par leurs congénères pérennants *(Jasione montana* par *J. perennis, Hypochœris glabra* par *H. maculata, Galium parisiense* par *G. silvestre, Senecio gallicus* par *S. adonidifolius,* etc.).

Le spectre biologique comprend :

10 Chaméphytes
26 Hémicryptophytes
5 Géophytes

Comparé à l'association à *Agrostis vulgaris,* type des prairies artificielles de la montagne, le *Deschampsietum flexuosi* en diffère surtout par le nombre des Chaméphytes (dix au lieu d'une), dont trois sont ligneux. Dans la prairie fauchée, ceux-ci ne pourraient se maintenir.

L'association à *Deschampsia flexuosa* n'est pas connue des Alpes. Au contraire elle paraît répandue dans les montagnes du plateau central de la France. Lecoq (l. c. 1858, t. IX) indique déjà le *Deschampsia flexuosa* « croissant en sociétés extrêmement nombreuses dans les bois-taillis, sur les coteaux et les montagnes ».

Le cycle d'évolution, dont le *Deschampsietum* fait normale-

ment partie, comprend les phases suivantes: pâturage ruiné par les moutons (mis en défens) — *Nardetum* — *Deschampsietum flexuosi* — lande à *Calluna* et *Genista pilosa* — taillis et futaie de hêtres. Les forestiers activent cette évolution en plantant des résineux parmi lesquels le *Deschampsietum* s'établit au bout d'une série d'années, pour disparaître ensuite si la plantation se développe. Les stades de transition sont très fréquents et l'association type souvent difficile à délimiter.

15 a. *Sous-association à* Nardus stricta.

(Nardetum).

Le *Deschampsietum flexuosi* est précédé généralement par un stade à *Nardus stricta* qui recherche aussi les terrains siliceux. Si l'on peut considérer le premier comme association naturelle primitive, le *Nardetum* très répandu sur les croupes de notre péneplaine constitue un groupement anthropo-zoogène.

Rien d'aussi pauvre que ces immenses pelouses d'un vert terne, jaunâtre, formées presque uniquement par les touffes raides du nard. En vain y chercherait-on en été des fleurs ou des fruits ; les moutons affamés rasent tout ce qui naît; le gazon lui-même ne dure que grâce à la faible inclinaison des pentes. Dès qu'elles dépassent un certain angle, la terre est mise à nu, le ruissellement et l'érosion éolienne agissent, et contribuent avec le piétinement à démanteler le sol. Au domaine de Piélong près de l'Espérou, de vastes pâturages sont entièrement ruinés de cette façon. En dehors du Mont Ventoux et de quelques points du bas Dauphiné, nous n'avons vu nulle part une destruction aussi complète de l'ordre naturel.

Sur le versant nord du Grand Aigoual où plus de 3000 moutons passent l'été, la destruction est moins avancée, mais on y voit aussi de larges surfaces stérilisées et noirâtres au milieu des pelouses. En somme il est difficile d'y saisir un type constant de *Nardetum,* dont la composition floristique dépend entièrement de l'intensité du pacage.

Le type le plus fréquent, qui couvre la crête principale, comprend très peu d'éléments. *Nardus* (8-10), *Festuca rubra* (3) et

Carex verna (2) règnent presque exclusivement. Ça et là on y observe les stolons blanchâtres de l'*Hieracium Pilosella* et quelques individus de *Danthonia decumbens, Anthoxanthum odoratum, Agrostis alba, Luzula campestris, Scleranthus perennis, Anemone nemorosa, Lotus corniculatus, Thymus Serpyllum, Euphrasia* spec. et *Antennaria dioica,* pour la plupart à l'état stérile. Au sommet même de l'Aigoual, à 1560 m., nous avons noté sur une surface étendue à l'ouest de l'observatoire :

1-10	*Nardus stricta*	*Rumex Acetosella*
1-8	*Festuca rubra fallax*	*Trifolium alpinum*
0-8	*Polytrichum juniperinum*	*Alchemilla saxatilis*
3	*Phyteuma hemisphæricum*	*Plantago carinata*
2	*Agrostis vulgaris*	*Thymus Serpyllum*
2	*Luzula spicata*	*Antennaria dioica*
	Anthoxanthum odoratum	*Hieracium Pilosella*
	Carex verna	— *Auricula*

en somme, une végétation extrêmement pauvre et chétive.

La prédominance par places de *Festuca rubra fallax* sous une forme naine, rappelant le *F. Halleri* des Alpes, semble indiquer une étape de dégradation plus avancée encore.

La constitution actuelle de ces pelouses est avant tout le résultat d'une sélection séculaire, sélection purement instinctive et pourtant rigoureuse de la part du troupeau. Tout végétal ne possédant pas une vitalité presque indestructible est voué à la disparition. Seules les plantes les plus résistantes à la dent et au piétinement des moutons peuvent se maintenir et s'étendre dans une certaine mesure aux dépens de leurs rivales moins bien adaptées. C'est ainsi que le nard, herbe dure et piquante, dédaignée par les animaux tant qu'ils trouvent autre chose à brouter, prend une énorme extension. La plupart des herbes répandues dans ces pacages possèdent, ou bien une souche vivace très profonde, difficile à déraciner *(Trifolium alpinum, Plantago carinata, Lotus corniculatus,* etc.) ou bien des pousses rampantes appliquées contre le sol *(Antennaria, Hieracium sect. Piloselloidea, Alchemilla saxatilis, Thymus Serpyllum,* etc.) ; *Rumex Acetosella* et *Scleranthus perennis* ne sont guère touchés par les moutons. M. Schröter (l. c.) fait remarquer que partout

où le gazon est fauché *Nardus* croit en faible proportion, et qu'au contraire sa prédominance soudaine est frappante dans les pâturages.

Nardus stricta, espèce envahissante très souple, s'adaptant à des conditions de vie très diverses est répandue sur tout l'hémisphère boréal jusqu'au Groenland. Lecoq (l. c. 1858) la considère comme la Graminée la plus répandue du centre de la France ; elle couvre à elle seule d'immenses plateaux.

Comme à l'Aigoual, nous l'avons observée dans les Pyrénées centrales dans des conditions identiques. Les vastes pâturages du plateau des Espécières (2100 m.) sur Gavarnie sont constitués de la manière suivante :

10	*Nardus stricta*	*Carex macrostyla*
1-9	*Trifolium alpinum*	— *verna*
1-3	*Potentilla Tormentilla*	*Festuca Eskia*
3	*Carex Goodenovii* (dépr.)	— *rubra*
3	*Jasione perennis*	*Crocus vernus*
2	*Gentiana alpina*	*Plantago alpina*
2	*Meum athamanticum*	*Campanula Scheuchzeri*
1-2	*Ranunculus pyrenaeus*	*Hieracium Pilosella*

Ici la prédominance de *Nardus,* moins absolue, et la proportion considérable des *Trifolium alpinum, Jasione perennis,* etc., indiquent déjà une valeur économique supérieure du pâturage ; mais néanmoins la flore reste très pauvre. Il en est de même dans les pacages des Alpes.

Les pelouses à *Nardus* du versant ouest du Hohneck (Vosges) décrites par M. Issler (l. c. 1909) semblent appartenir plutôt au *Deschampsietum flexuosi,* d'après leur cortège floristique.

Pour saisir la dérivation du *Nardetum,* nous n'avons qu'à observer le développement ultérieur des pacages mis en défens. Invariablement l'herbage fin du *Deschampsia flexuosa* chassé des pacages par la dent des moutons, vient s'installer parmi les touffes de *Nardus*. Au bout de trente à quarante ans, il y domine. En même temps le cortège habituel du *Deschampsia* s'est développé et une pelouse dense, émaillée de belles fleurs résulte de la transformation. Le stade final, l'association clima-

tique est la futaie de hêtres. Une irrigation abondante provoque une autre succession, assez rapide: la transformation du gazon à *Nardus* en une prairie à *Agrostis vulgaris*.

15 b. *Sous-association à* Festuca spadicea.

Les pentes sèches pierreuses, exposées en plein midi et fortement ensoleillées entre 1200 et 1560 m., sont souvent peuplées des touffes compactes du *Festuca spadicea*.

La composition floristique de cette sous-association a beaucoup d'affinités avec l'association mère. Pourtant le caractère xérophile y est plus accusé et la station diffère nettement.

Toutes les constantes du *Deschampsietum flexuosi* et quelques caractéristiques de deuxième ordre se rencontrent aussi dans le *Festucetum spadicei; Polygonum Bistorta*, espèce mésophile, y fait défaut. Par contre, les *Allium fallax, Ornithogalum tenuifolium, Alchemilla saxatilis* et *Festuca spadicea* manquent ou sont rares dans le *Deschampsietum*. Au point de vue quantitatif, les xérophytes l'emportent de beaucoup. C'est surtout le *Festuca spadicea* même qui forme parfois des peuplements serrés, à peu près purs.

Sur le granit décomposé du plateau de Montals (1300 m.), nous avons pris le relevé suivant :

10	*Festuca spadicea*	*Lathyrus montanus*
1-2	*Genista pilosa* (autour des blocs)	*Meum athamanticum*
1	*Nardus stricta*	*Betonica officinalis*
	Anthoxanthum odoratum	*Galium verum*
	Festuca rubra fallax	*Arnica montana*
	Carex verna	*Leucanthemum vulgare*
	Tulipa Celsiana	*Senecio adonidifolius*
	Alchemilla saxatilis	*Hypochœris maculata*
	Rhinanthus major	

Dans la série des successions, la place du *Festucetum spadicei* est marquée entre les landes à *Genista pilosa* et *Calluna* et la forêt de hêtre.

Les éboulis sur les pentes sèches de l'étage supérieur, en se

désagrégeant, donnent peu à peu asile à plusieurs végétaux, parmi lesquels *Genista pilosa* se fait remarquer par sa fréquence. Il apparait d'abord en individus isolés, puis en groupes, enveloppant les pierres de ses enchevêtrements de rameaux rampants. De gros blocs sont parfois tapissés d'un seul *Genista* qui imite d'une manière parfaite un arbuste en espalier (Spalierstrauch) tel que *Salix retusa* ou *S. reticulata* des Alpes. Les feuilles mortes s'amassent dans le réseau de branches, se décomposent, fournissant un terreau noir qui permet à d'autres espèces de s'installer. *Festuca spadicea* est une des premières; *Genista anglica, Calluna, Alchemilla saxatilis* contribuent à recouvrir les pierres nues. Une fois le sol plus ou moins couvert de végétation, *Festuca spadicea,* élément subordonné jusqu'alors, se développe avec vigueur. Ses longues feuilles et ses tiges hautes de 80 cm., très résistantes, se décomposent lentement. Elles s'étalent sur les végétaux voisins comme une couverture et les étouffent. Ainsi la lande à *Genista* et *Calluna* se transforme peu à peu en prairie à *Festuca spadicea.* Couvert par le feuillage de la Graminée victorieuse, on trouve parfois encore des vestiges d'un *Genista pilosa* ou d'un *Calluna.*

De pareils stades de transformation s'observent au Grand Aigoual, au dessus de l'Hort-de-Dieu. En voici un exemple pris à 1450 m. sur un sol couvert de blocs granitiques, chaud et sec.

4-8	*Festuca spadicea*	*Achillea Millefolium*
1-2	*Genista pilosa*	*Armeria plantaginea*
1-3	— *sagittalis*	*Conopodium denudatum*
1-2	*Vaccinium Myrtillus*	*Centaurea nigra*
1	*Calluna vulgaris*	*Galium verum*
	Thymus Serpyllum	*Betonica officinalis*
	Festuca duriuscula	*Hypochœris maculata*
	Plantago carinata	*Tulipa Celsiana*
	Alchemilla saxatilis	*Narcissus Pseudonarcissus*
	Luzula campestris	*Dianthus deltoides*
	Cerastium arvense	— *monspessulanus*

Aux endroits où le blocage est encore à nu, *Genista pilosa* domine; à côté, sur un sol moins stérile, *Festuca spadicea* s'est

déjà emparé du terrain. Une fois le sol suffisamment préparé, le hêtre ne tarde pas à en prendre possession définitive.

On observe assez souvent les panicules de *Festuca spadicea* broutées, même et surtout dans les pelouses non pâturées. L'intérêt éveillé, je retrouvais des quantités de graines et des inflorescences, à l'entrée et à l'intérieur d'un trou de campagnol (*Arvicola subterraneus*). A la maturité, les panicules lourdes se penchent vers le sol et ces petits rongeurs arrivent ainsi à les détacher.

K. Groupe d'associations des prairies xérophiles, type Bromus erectus.

16. *Association à* Bromus erectus.

(*Xero-Brometum erecti*).

La prairie à *Bromus erectus* est certainement une des associations semi-naturelles les plus répandues dans les terrains calcaires de l'est de la France, en Suisse, peut-être aussi dans l'Allemagne du Sud et dans une partie de l'Autriche. Elle occupe les pentes sèches ensoleillées, à sol léger graveleux ou pierreux, riche en Ca. L'arrosage ou un amendement même irrégulier la font bientôt disparaître. Le foin récolté dans ces prairies maigres laisse beaucoup à désirer au double point de vue de la quantité et de la qualité ; c'est un fourrage dur. On livre volontiers aux troupeaux ces pelouses ingrates, surtout quand elles sont situées loin des lieux habités, sur des pentes à forte inclinaison ou sur des terrains très pauvres. Sous un régime pastorale modéré et interrompu, le sol se couvre peu à peu de broussaille qui, abandonnée à elle-même, se transforme en bois.

Dans les mêmes conditions de station, nous rencontrons aussi l'association à *Bromus erectus* dans la région cévenole. Les prairies maigres non arrosées, situées entre 500 et 1100 m. sur les déclivités des petits Causses portent sans exception un gazon

à *Bromus erectus,* de même les quelques pâturages qui ne souffrent pas trop de la dent et du piétinement des ovidés. La densité du *Bromus* et le développement de l'association en général fournissent un moyen sûr pour apprécier la valeur économique actuelle d'un territoire et la manière dont le pâturage y est exercé. Le pâturage abusif entraine l'extinction de *Bromus erectus*; puis la ruine complète de la végétation fourragère. Nombreux sont les exemples de ce lamentable état de choses, notamment aux environs de Meyrueis et sur les Causses. Il est difficile de se faire une idée de la pauvreté extrême de ces pacages en espèces et en individus. Les vestiges de la végétation échappés à l'avidité des moutons sont pour la plupart protégés soit par des épines, soit par des substances aromatiques ou vénéneuses (latex des *Euphorbia*). Quelques autres végétaux sans protection spéciale, le plus souvent stériles et déformés, ont pu se maintenir grâce à leur fort enracinement. La physionomie de la « formation » ressemble à certaines garigues méditerranéennes, surchargées de bétail et également dépourvues de buissons.

Voici l'inventaire complet d'un de ces territoires surpâturés sur le Causse d'Ayres à 950 m. (sol pierreux, végétation très clairsemée) :

a) *Végétaux respectés généralement par les moutons.*

3 *Thymus vulgaris*	*Carlina vulgaris*
Buxus sempervirens	*Echinops Ritro*
Euphorbia Gerardi	*Eryngium campestre*
— *Cyparissias*	*Genista hispanica*
Carlina acanthifolia	*Teucrium aureum*

Vincetoxicum officinale

b) *Végétaux broutés par les moutons.*

3 *Festuca ovina*	2 *Ononis striata*
3 *Kœleria setacea*	*Convolvulus arvensis*
Festuca rubra	*Sanguisorba minor*
Helianthemum canum	*Lotus corniculatus*

2 *Fumana procumbens*

Tout près, dans des conditions un peu plus avantageuses, on trouve de plus :

Stipa pennata	*Coronilla minima*
Teucrium Chamædrys	*Leontodon crispus*
Carduncellus mitissimus	*Hieracium Pilosella*
Inula montana	*Salvia pratensis*

Enfin, lorsque le pâturage est moins abusif, *Bromus erectus*, *Linum salsaloides*, *Asperula cynanchica*, *Anthyllis Vulneraria*, *Plantago lanceolata*, *Avena pratensis* et d'autres satellites de l'association du *Bromus erectus* s'unissent à quelques-unes des espèces citées ci-dessus pour constituer un gazon maigre.

Il est difficile d'observer dans notre domaine des exemples bien développés du *Brometum erecti*. Les quelques relevés dont nous disposons provenant de la vallée de la Jonte et des environs de Saint-Sauveur, entre 750 et 1000 m., ne suffisent pas pour dresser un tableau comparatif. Nous nous contenterons d'énumérer ci-dessous les caractéristiques et les constantes les plus saillantes. Comme terme de comparaison, nous avons ajouté les caractéristiques, les constantes et quelques espèces accessoires du *Brometum erecti* de la Suisse orientale. Cette seconde liste résulte d'observations poursuivies pendant plusieurs années et résume une vingtaine de relevés complets, pris entre 530 et 1400 m. d'altitude sur sol calcaire ou riche en Ca.

Association à Bromus erectus.

A. Sur les petits causses du massif de l'Aigoual (Cévennes).

a) *Espèces plus ou moins caractéristiques.*

*H *Kœleria cristata ssp. gracilis*	*H *Lactuca perennis*
*H *Asperula cynanchica*	*H *Carex humilis*
Ch Linum salsaloides	*H *Pimpinella Saxifraga*
*H *Globularia vulgaris*	*H Onobrychis supina* (sur un sol dénudé)
*T *Medicago minima*	

b) *Constantes.*

*H *Bromus erectus*	*Ch *Hippocrepis comosa*
*H *Brachypodium pinnatum*	*H Hypericum perforatum*

H Eryngium campestre	H Anthyllis Vulneraria
H *Festuca ovina	H *Ranunculus bulbosus
H Plantago lanceolata	H *Scabiosa Columbaria
H Sanguisorba minor	H Kœleria setacea

Ch Galium Mollugo ssp. corrudifolium

c) *Espèces accessoires principales.*

H Poa bulbosa	H *Stachys rectus
Ch *Hieracium Pilosella	Ch *Helianthemum vulgare
Ch *Teucrium Chamædrys	H *Vincetoxicum officinale
Ch * — montanum	H Ononis Columnæ
H *Salvia pratensis	Ch *Thymus Serpyllum
T Cerastium brachypetalum	H Euphorbia Gerardi
Ch Potentilla verna	H *Astragalus monspessulan.
Ch *Fumana procumbens	T Trifolium scabrum

Ch Coronilla minima

B. Dans la Suisse sud-orientale (canton des Grisons, Tessin).

a) *Caractéristiques de premier et deuxième ordre.*

T *Medicago minima	H Andropogon Ischæmum
H Seseli annuum	H Onobrychis arenaria
H Anemone montana	H *Lactuca perennis
H Peucedanum Oreoselinum	Ch *Teucrium Chamædrys
H *Kœleria cristata ssp gracilis	H Linosyris vulgaris
H Veronica spicata	H *Stachys rectus
H *Asperula cynanchica	H *Scabiosa Columbaria
H *Globularia vulgaris	T Euphrasia stricta
Ch Potentilla Gaudini	Ch Veronica prostrata

b) *Constantes (énumérées suivant leur constance).*

H *Bromus erectus	H *Salvia pratensis
Ch *Teucrium montanum	H *Ranunculus bulbosus
Ch *Helianthemum vulgare	H *Vincetoxicum officinale
H *Carex humilis	Ch Artemisia campestris
H Dianthus inodorus	H *Pimpinella Saxifraga

H *Festuca ovina

c) *Espèces accessoires principales.*

H *Galium verum*	Ch **Hippocrepis comosa*
G *Polygonatum officinale*	H *Silene nutans*
Ch **Thymus Serpyllum*	Ch **Fumana procumbens*
H *Brunella grandiflora*	H **Astragalus monspessulan.*
Ch **Hieracium Pilosella*	H **Brachypodium pinnatum*

* Espèces communes aux deux listes.

La comparaison des deux listes fait ressortir l'affinité floristique et écologique de l'association dans deux contrées éloignées. La symétrie du spectre biologique des deux races différentes de l'association à *Bromus erectus* est parfaite. Il comprend :

	Dans les Cévennes	Dans la Suisse orientale
Hémicryptophytes......	64,0 %	66,5 %
Chaméphytes..........	28,5 %	26,0 %
Thérophytes...........	7,5 %	5,0 %
Géophytes.............	—	2,5 %

De part et d'autre dominent les Hémicryptophytes, représentants des climats tempérés froids ; viennent ensuite les Chaméphytes qui préfèrent, dans l'Europe moyenne, les stations sèches à insolation forte (exception faite pour les Chaméphytes des tourbières où le sol est pourtant physiologiquement sec). La rareté des Thérophytes s'explique moins par des raisons climatiques que par la concurrence des végétaux pérennants qui couvrent toute la surface du sol. Les *Géophytes à rhizomes* sont exclus par les conditions édaphiques, le sol compact, sec et souvent pierreux.

Le gazon à *Bromus erectus* fournit un bon exemple pour démontrer dans quelle mesure est possible la substitution réciproque des facteurs ambiants dans les associations végétales. Les peuplements à *Bromus erectus*, essentiellement liés aux sols calcaires dans le nord, se développent dans le midi sur un substratum pauvre en Ca, voire même sur un sol granitique. Fuyant l'humidité en Suisse, ils se rencontrent aux environs de Montpellier, dans les plaines alluviales fraîches, irriguées ou inondées pendant un certain temps. Sur le littoral de la

Provence (Hyères) aussi bien qu'entre les embouchures du Rhône et de l'Aude, *Bromus erectus* est un élément normal des prairies fauchables; il y vient en société avec *Narcissus Tazetta, N. poeticus, Orchis laxiflora, Cirsium bulbosum, Carex distans, C. panicea* et d'autres végétaux méso-hygrophiles. Ces différents groupements n'ont guère de commun que la prépondérance de *Bromus erectus*. En voici quelques exemples :

1. Sur sol grantique sec à Puéchagut (Cévennes) 1000 m.

9	*Bromus erectus*	*Geum silvaticum*
	Anthoxanthum odoratum	*Sedum rupestre*
	Poa bulbosa	*Hippocrepis comosa*
	Briza media	*Peucedanum Oreoselinum*
	Avena pubescens	*Armeria plantaginea*
	Trisetum flavescens	*Thymus Serpyllum*
	Carex verna	*Brunella laciniata*
	Orchis sambucina	*Galium erectum*
	Dianthus Carthusianorum	— *Mollugo* ssp. *Gerardi*
	Silene nutans	*Scabiosa Columbaria*
	Ranunculus bulbosus	*Achillea Millefolium*
	— *chærophyllos*	*Hypochœris maculata*
	Helianthemum vulgare	*Hieracium Pilosella*, etc.

2. Prairie humide, amendée et irriguée sur le littoral provençal à Hyères.

4	*Bromus erectus*	3	*Trifolium pratense*
3	*Festuca Fenas*		— *repens*
3	*Anthoxanthum odoratum*		*Lotus corniculatus*
2	*Dactylis glomerata*		*Vicia angustifolia*
2	*Gaudinia fragilis*		*Linum angustifolium*
1	*Arrhenatherum elatius*		*Silaus pratensis*
1	*Poa pratensis*		*Ajuga reptans*
	Carex distans		*Plantago lanceolata*
1-8	*Narcissus Tazetta*		*Galium verum*
	Ornithogalum divergens		*Bellis perennis*
2	*Orchis laxiflora*		*Leucanthemum vulgare*
	Ranunculus acer		*Taraxacum officinale*
	— *bulbosus*		ssp. *paludosum*
	Medicago lupulina		*Tragopogon pratensis*

Crepis taraxacifolia

3. Prairie humide, amendée et irriguée, sur le littoral languedocien, à Lattes, près de Montpellier.

7-8	*Bromus erectus*		*Medicago lupulina*
1-4	*Arrhenatherum elatius*		*Lotus corniculatus*
2	*Dactylis glomerata*		*Ononis procurrens*
	Festuca Fenas		*Vicia angustifolia*
	Gaudinia fragilis		*Lathyrus pratensis*
	Poa pratensis		*Sanguisorba officinalis*
	Anthoxanthum odoratum		*Silaus pratensis*
	Holcus lanatus		*Daucus Carota*
	Festuca rubra		*Ajuga reptans*
	Carex distans		*Myosotis intermedia*
	— *hirta*		*Galium verum*
	— *contigua*		— *Mollugo*
2	*Narcissus Tazetta*		*Plantago lanceolata*
2-3	— *poeticus*		*Bellis perennis*
	Ornithogalum divergens		*Leucanthemum vulgare*
	Rumex Acetosa		*Centaurea Jacea*
	— *crispus*		*Achillea Millefolium*
	Lychnis Flos cuculi	2	*Taraxacum officinale* ssp. *paludosum*
	Ranunculus acer		*Leontodon hispidus*
	Ranunculus bulbosus	2-3	*Cirsium bulbosum*
	Linum angustifolium		*Tragopogon pratensis*
	Trifolium pratense		

La prairie N° 1 appartient aux prairies sèches (Trockenwiesen) ; nous pouvons la considérer comme une modification due au substratum de l'association type.

Les prairies du littoral (2 et 3) amendées et irriguées, sont des prairies fraîches (Frischwiesen) qui se rattachent par leur cortège aussi bien que par leur spectre biologique à l'association à *Arrhenatherum elatius* telle que nous la connaissons aux vallées méridionales des Cévennes. L'*Arrhenatherum* lui-même apparaît cependant en petite quantité. Des caractéristiques de l'arrhénathéraie on y observe : *Festuca pratensis, Gaudinia fragilis, Linum angustifolium, Tragopogon pratensis, Trisetum flavescens,* ainsi que la plupart des espèces constantes et accessoires. Le spectre biologique s'éloigne beaucoup de celui de

l'association à *Bromus erectus*. Les Chaméphytes absents sont remplacés par des Thérophytes ; les Géophytes à bulbes ou à tubercules *(Muscari, Narcissus, Ornithogalum, Orchis)* apparaissent ; l'aspect est celui d'une prairie grasse de l'Europe moyenne. Voilà les raisons pour lesquelles nous considérons ce groupement comme simple race de l'arrhénathéraie, race méditerranéenne, distincte de l'association mère, d'abord par la rareté de l'*Arrhenatherum* et la prépondérance du *Bromus erectus*, puis par la présence de quelques végétaux spéciaux à la région *(Narcissus Tazetta, N. poeticus, Festuca Fenas)*. Les peuplements de *Bromus erectus* spéciaux aux stations chaudes et sèches de l'Europe moyenne, s'adaptent au climat méditerranéen en y choisissant des stations humides. Ces prairies, donnant asile *en Suisse aux irradiations méridionales*, forment des *enclaves d'espèces boréales* dans la végétation *méditerranéenne !*

Pour éviter toute confusion à l'égard de ces divers peuplements nous appellerons *Xero-Brometum erecti* l'association telle qu'elle se présente dans l'Europe moyenne.

Le commerce fournit à bon compte les graines du *Bromus erectus ;* elles peuvent être employées avec profit surtout pour l'enherbement des terrains secs, pauvres et dénudés (talus, alluvions, etc.). Mais cette Graminée devient moins utilisable à l'approche de la région méditerranéenne. Au sud des Cévennes et dans la basse vallée du Rhône il lui faut, pour bien croître, un sol frais et un peu humide ou irrigué. Dans de pareilles stations d'autres Graminées y fournissent de bien meilleurs rendements.

16 a. *Sous-association à* Brachypodium pinnatum.

Il n'existe pas de prairies naturelles dans nos basses vallées méditerranéennes. La broussaille couvre tous les versants non soumis à l'irrigation, et tôt ou tard les chênes *(Quercus Ilex* ou *Qu. sessiliflora)* s'emparent du terrain, si l'homme n'intervient pas.

Dans certaines conditions spéciales pourtant une Graminée, *Brachypodium pinnatum,* réussit à se répandre et à former un

gazon plus ou moins continu. Mais cette pelouse est toujours temporaire ; arbrisseaux et arbustes s'y installent bientôt et finissent par la remplacer. La plupart des terrasses en culture de la vallée de l'Arre (olivettes, vignes) délaissées aujourd'hui, subissent cette transformation, et permettent d'étudier la marche de ce reboisement spontané. Dans cette série de successions la pelouse à *Brachypodium pinnatum* constitue le stade le plus remarquable ; mais sa délimitation et sa synthèse floristique ne sont pas aisées, la constance d'une association naturelle lui manque. Le cortège floristique, extrêmement variable, suivant la situation et l'âge du peuplement, n'a pas de caractéristiques. Par son ensemble il se rattache surtout aux pelouses à *Bromus erectus*.

Le stade à *Brachypodium pinnatum* succède à une phase déterminée brusquement par l'abandon des soins culturaux, à la phase *des végétaux monocarpiques*. Elle débute diversement selon la nature des cultures abandonnées.

Sur une vigne abandonnée, par exemple, ce premier stade, outre les Thérophytes, donne souvent : *Aristolochia Clematitis, Allium roseum, A. polyanthum,* associés de la vigne. Sur sol planté autrefois en légumes ou en fourrages (à l'ombre des olivettes) les *Vulpia, Bromus, Cerastium* et une foule d'autres annuelles envahissent le terrain.

Les espèces observées le plus souvent dans ce premier stade à Thérophytes sont :

T	*Bromus maximus*	*T*	*Lathyrus sphæricus*
T	— *sterilis*	*T*	*Geranium rotundifolium*
T	— *tectorum*	*T*	*Euphorbia segetalis*
T	— *squarrosus*	*T*	— *serrata*
T	*Avena barbata*	*T*	*Orlaya grandiflora*
T	*Vulpia Myuros*	*H*	*Daucus Carota*
T	*Cynosurus echinatus*	*H*	*Echium vulgare*
T	*Cerastium semidecandrum*	*G*	*Convolvulus arvensis*
T	— *brachypetalum*	*H*	*Calamintha Nepeta*
T	*Rapistrum rugosum*	*T*	*Sherardia arvensis*
T	*Reseda Phyteuma*	*G*	*Cirsium arvense*
Ch	*Sedum album*	*T*	*Pterotheca sancta*

T	*Trifolium campestre*	T	*Xeranthemum inapertum*
T	— *scabrum*	T	*Tragopogon australis*
T	*Vicia angustifolia*	T	*Crepis pulchra*, etc., etc.

Dès la seconde année apparaissent, puis dominent les années suivantes, des Hémicryptophytes et Chaméphytes (surtout *Psoralea bituminosa, Plantago Cynops, Cephalaria leucantha, Origanum vulgare Sanguisorba minor, Eryngium campestre,* etc.) apportées des terres incultes d'alentour. En même temps les Graminées vivaces *(Dactylis glomerata, Bromus erectus, Brachypodium pinnatum),* entrent en scène. Les végétaux annuels succombent pour la plupart, étouffés par leurs concurrents pérennants qui se répandent et finissent par former une pelouse.

Cette seconde phase (à *Brachypodium pinnatum*) est marquée par un grand nombre d'espèces, variant beaucoup d'une localité à une autre. N'en citons que les plus fréquentes dans l'ordre de leur constance :

H	*Brachypodium pinnatum*	G	*Convolvulus arvensis*
H	*Dactylis glomerata*	H	*Scabiosa Columbaria*
Ch	*Psoralea bituminosa*	H	*Plantago lanceolata*
H	*Sanguisorba minor*	Ch	*Convolvulus cantabrica*
Ch	*Galium corrudifolium*	Ch	*Hieracium Pilosella*
Ch	*Medicago lupulina*	H	*Asperula cynanchica*
H	*Poa bulbosa*	G	*Poa pratensis*
H	*Calamintha Nepeta*	H	*Hypericum perforatum*
H	*Ranunculus bulbosus*	H	*Echium vulgare*
Ch	*Hippocrepis comosa*	Ch	*Artemisia campestris*
H	*Eryngium campestre*	H	*Geranium sanguineum*
H	*Anthyllis Vulneraria*	Ch	*Sedum rupestre*
H	*Bromus erectus*	H	*Origanum vulgare*
H	*Daucus Carota*	H	*Campanula glomerata*
T	*Tragopogon australis*	H	*Linum tenuifolium*

Beaucoup d'entre elles se rencontrent également dans la pelouse à *Bromus erectus*, Graminée parfois abondante dans le *Brachypodietum* et qui le remplace même sur quelques terrasses près d'Arrigas (500 m.) sur le Précambrien.

Le troisième stade enfin, l'installation de l'association climatique (climax), prend des formes différentes mais, à moins de perturbations nouvelles, il aboutit toujours aux taillis mixtes ou aux taillis purs de chêne blanc. Près du hameau d'Esparron des peuplements inextricables de *Prunus spinosa*, de roses et de ronces accompagnés de petits arbrisseaux (*Thymus vulgaris, Dorycnium suffruticosum, Plantago Cynops*, etc.) précèdent les chênes; aux environs d'Aulas de jeunes individus de *Quercus Ilex* et de *Quercus pubescens* naissent en même temps que la flore herbacée pérennante; nous avons vu apparaître le chêne blanc à côté même des vieilles souches de la vigne sur des terrasses en friche. *Helichrysum Stœchas, Thymus vulgaris, Pistacia Terebinthus, Ruta angustifolia, Clematis Flammula, Aphyllanthes*, y sont de plus en plus abondants, *Cytisus sessilifolius, Buxus, Asparagus acutifolius*, apparaissent; avec l'extension et la multiplication des chênes, le taillis constitué termine ce cycle évolutif.

L. Groupe d'associations des prairies mésophiles, type Arrhenatherum.

17. *Association à* Agrostis vulgaris.

(*Agrostidetum*).

Toutes les prairies de la montagne, irriguées et amendées font partie de cette association. Leur traitement n'exige pas les soins que demandent les prairies inférieures, grâce à l'humidité athmosphérique, aux pluies plus abondantes et au sol granitique ou schisteux peu perméable.

Si les prés à *Arrhenatherum* ne peuvent guère être étendus sans grandes dépenses, il serait facile de transformer à peu de frais des terrains étendus, pacages, aujourd'hui stériles ou peu s'en faut, en belles prairies à *Agrostis*. Ceci notamment sur la péneplaine et sur le versant nord de l'Aigoual, c'est-à-dire partout où l'irrigation est possible, ne fût-ce qu'au printemps. L'augmentation dans la production du fourrage qui résulterait de cette transformation assurerait un rendement certainement

bien supérieur, surtout si elle se combinait avec l'extension de l'élevage des bovidés aux dépens des ovidés.

L'espèce dominante qui donne son nom à l'association est l'*Agrostis vulgaris,* bonne plante fourragère, à laquelle le *Trisetum flavescens,* une de nos Graminées les plus précieuses, se mêle plus ou moins abondamment, surtout dans les prairies recevant du fumier. *Arrhenatherum elatius,* dominante des prairies de l'étage inférieur a presque disparu, et avec elle la plupart des Graminées répandues dans les basses vallées. A leur place apparaissent : *Alopecurus pratensis,* caractéristique de l'étage du hêtre et de l'Agrostidetum, et *Avena pubescens. Polygonum Bistorta* couvre parfois ces prairies de peuplements compacts et nous rappelle les prairies à *Agrostis vulgaris* de la Suisse, qu'il envahit de la même façon.

Notre tableau contient sept relevés, des localités suivantes, toutes sur sol siliceux :

N° 1. Derrière les Oubrets 1000 m., nord-est, irrigation intense.

N° 2. Les Fons, versant nord de l'Aigoual 1100 m., dépression humide, irriguée et amendée.

N° 3. Baraque neuve près Camprieu 1140 m., irrigué et amendé.

N° 4. Vallon de Bonheur 1160 m., sud-ouest, irrigué.

N° 5. Espérou 1200 m., nord-est, prairie grasse, bien amendée.

N° 6. Vallon supérieur de la Jonte 1230 m., ouest, irrigué, non amendé.

N° 7. Serréreyde 1305 m., près de la maison forestière, très peu irrigué et irrégulièrement amendé.

En outre ces relevés renfermaient : trois fois *Viola tricolor, Poa pratensis, Galium verum;* deux fois *Silene nutans, Lathyrus pratensis, Luzula campestris, Achillea Millefolium, Briza media, Stellaria graminea, Thlaspi alpestre, Ornithogalum umbellatum,* et une fois seize espèces diverses.

L'affinité floristique des associations à *Agrostis vulgaris* et à *Arrhenatherum,* quoique indubitable, n'est pas aussi grande qu'on pourrait le penser. La différence d'altitude entre les deux groupements en est la cause. Beaucoup d'espèces praticoles de l'étage inférieur ont été remplacés par des végétaux monta-

	NUMÉRO DU RELEVÉ	1	2	3	4	5	6	7
	ALTITUDE M. S. M.	1000	1100	1140	1160	1200	1230	1305
	a) *Caractéristiques de 1er et 2e ordre*							
H	Alopecurus pratensis	...	1-2	...	2	+	...	...
G	Narcissus radiiflorus	...	+	...	+	...	+	...
H	Agrostis vulgaris	8	9	5	7	2-3	8-9	7
H	Carum Carvi	...	+	...	+	...	+	+
H	Knautia arvensis	+	+	+	+	3	+	...
G	Polygonum Bistorta	...	+	+	1-8	5	3	...
H	Centaurea nigra	+	+	+	+	+	+	+
H	Trisetum flavescens	3-4	1-2	4-5	1-2	8	+	2
H	Heracleum Lecoqii	...	...	...	...	+	...	...
	b) *Constantes essentielles*							
H	Rumex Acetosa	+	+	+	+	+	+	+
H	Taraxacum officinale	+	+	...	+	+	+	+
H	Phyteuma spicatum	+	...	+	+	+	+	+
T	Rhinanthus minor	+	...	+	+	+	+	+
H	Meum athamanticum	...	...	+	+	+	3	+
H	Campanula linifolia	...	+	+	+	+	...	+
H	Ranunculus acer	+	+	...	+	+	+	...
H	Silene vulgaris	+	...	+	...	+	+	+
H	Cynosurus cristatus	2	+	...	+	...	+	...
	c) *Constantes ubiquistes*							
H	Anthoxanthum odoratum	+	+	3-4	2	+	+	+
H	Leucanthemum vulgare	+	+	+	+	+	+	+
H	Trifolium pratense	+	+	+	+	+	+	+
T	— campestre	+	+	+	+	+	+	+
H	— repens	+	+	+	+	...	+	+
Ch	Cerastium triviale	+	...	+	+	+	+	+
H	Plantago lanceolata	+	...	+	...	+	+	+
H	Armeria plantaginea	+	...	+	...	+	+	+
H	Festuca rubra	...	+	+	+	...	+	+
	d) *Espèces accessoires*							
H	Arrhenatherum elatius	...	+	...	2	...	...	...
H	Holcus lanatus	+	...	+	...	...	...	...
H	Phleum pratense	...	...	+	+	...	...	+
H	Avena pubescens	2	...	...	...	+	...	+
T	Bromus mollis	...	+	+	...	...	+	...
H	Leontodon hispidus	+	...	...	...	+	+	...
H	Gentiana lutea	...	+	+	+	...	...	...
H	Hypochœris radicata	+	...	+	+	...	...	...
H	Saxifraga granulata	+	...	...	+	+	...	...
G	Narcissus Pseudonarcissus	...	+	...	+	...	...	...
	e) *Espèces ± accidentelles*	9	3	7	8	7	5	5

gnards, pour la plupart à fleurs éclatantes, qui donnent à ces pelouses l'aspect riant des prairies alpestres. *Centaurea nigra, Campanula linifolia, Meum athamanticum, Armeria plantaginea* manquant dans l'arrhénathéraie, abondent dans les prairies à *Agrostis*. L'élégant *Narcissus radiiflorus* couvre de vastes étendues de ses fleurs blancs de neige; il s'hybride parfois avec le *N. Pseudonarcissus*, très fréquent en certaines parties de la péneplaine ; *Gentiana lutea* et *Carum Carvi* manquent rarement aussi à l'étage supérieur.

Si la *physionomie* et le *caractère floristique* de notre association diffèrent sensiblement de l'arrhénatheraie, il n'en est pas ainsi pour les *formes biologiques*.

Voici les spectres respectifs :

	Association à *Agrostis vulgaris*	Arrhénathéraie du versant atlantique
Chaméphytes	1 = 3 %	2 = 4,5 %
Hémicryptophytes ..	30 = 81 %	35 = 79,5 %
Géophytes	3 = 8 %	3 = 7,0 %
Thérophytes	3 = 8 %	4 = 9,0 %

La concordance ne pourrait guère être plus complète.

Les prairies à *Agrostis vulgaris* ne permettent qu'une seule coupe. La fenaison a lieu du commencement à la fin de juillet suivant l'altitude et la situation des prés. Sur le plateau de l'Espérou (1250-1300 m.) on fauche généralement dans la première quinzaine de juillet; aux Fons sur le versant nord (1100 m.) vers le 20 de ce mois. Le regain est pâturé par le gros bétail.

L'association à *Agrostis vulgaris*, peut-être aussi répandue que l'arrhénathéraie, paraît être essentiellement propre aux montagnes. En Suisse, elle a été décrite pour la première fois par MM. Stebler et Schrœter (l. c. 1891, p. 192). Les principaux constituants de l'association dans la Suisse orientale sont :

* *Agrostis vulgaris*	* *Avena pubescens*
* *Trisetum flavescens*	*Poa alpina*
Pimpinella magna	*Heracleum Sphondylium*
Anthriscus silvestris	*Rumex arifolius*
* *Thlaspi alpestre*	* *Melandrium diurnum*

* *Ranunculus acer*	* *Viola tricolor*
* *Cerastium triviale*	* *Leucanthemum vulgare*
* *Taraxacum officinale*	* *Trifolium pratense*
* *Achillea Millefolium*	* — *repens*
* *Leontodon hispidus*	* *Festuca rubra*
Phyteuma Halleri	*Trifolium badium*
Crepis blattarioides	* *Silene vulgaris*
Tragopogon pratensis	* *Poa pratensis*
* *Polygonum Bistorta*	*Phyteuma orbiculare*
Phleum alpinum	*Veronica Chamædrys*
* *Carum Carvi*	* *Anthoxanthum odoratum*

* Se trouvent dans la même association des Cévennes.

Dans la Suisse orientale, la sous-association à *Trisetum flavescens* est beaucoup plus répandue que le type. L'*Alopecurus pratensis,* s'il s'y rencontre, y a été introduit avec des graines fourragères.

En comparaison avec l'arrhénathéraie, la différence floristique des prairies cévenoles à *Agrostis* et celles des Alpes est bien plus grande et nous conduit à en distinguer deux races différentes, une du plateau central avec les *Centaurea nigra, Campanula linifolia, Heracleum Lecoqii, Armeria plantaginea, Meum athamanticum, Alopecurus pratensis,* etc. et une (ou plusieurs) races alpines où ces espèces sont remplacées par d'autres (*Crepis blattarioides, Rumex arifolius, Trifolium badium, Phyteuma Halleri,* etc.).

Dans les parties inclinées, ensoleillées des prairies à *Agrostis,* peu ou pas irriguées et à sol pauvre, *Festuca rubra* devient dominant. Il est accompagné de quelques espèces de port xérophile, supportant mieux la sécheresse que les associés habituels de l'*Agrostis vulgaris.* Ce groupement, *sous-association* de l'*Agrostidetum vulgaris,* aquiert une assez grande étendue sur les pentes ensoleillées autour de l'Espérou. Le foin qu'il produit est plus dur, peu abondant; les meilleures espèces fourragères de l'association mère y manquent ou sont rares. A leur place se montrent:

Festuca rubra	*Gentiana campestris*
— *ovina*	*Ranunculus bulbosus*

Briza media	*Linum catharticum*
Anthoxanthum odoratum	*Lotus corniculatus*
Dianthus deltoides	*Hieracium Pilosella*
Alchemilla pubescens	*Thymus Serpyllum*
Carex verna	*Rhinanthus minor*
Luzula campestris	*Arnica montana*
Viscaria vulgaris	*Anthyllis Vulneraria*

L'évolution de l'Association à *Agrostis vulgaris,* autrement dit *la restauration des prairies de montagne,* peut être suivie grâce aux observations faites par M. Flahault à l'Hort-de-Dieu. Ses efforts ont réussi à transformer en petit paradis les landes et pâturages dégradés environnants en un temps relativement court.

La pente pierreuse immédiatement derrière le laboratoire de l'Hort-de-Dieu était avant 1902 couverte presque entièrement de *Festuca ovina* ssp. *duriuscula, Armeria plantaginea, Holcus mollis, Sedum rupestre, Dianthus graniticus, Hieracium Pilosella, Thymus Serpyllum, Cerastium arvense* et d'autres « mauvaises herbes ». L'épierrement de cette parcelle de terre eut pour effet immédiat la disparition de *Festuca duriuscula, Thymus Serpyllum, Cerastium arvense,* et une diminution d'*Holcus mollis, Hieracium Pilosella,* etc., au bénéfice d'espèces comme *Anthoxanthum, Lotus corniculatus, Agrostis vulgaris,* etc. Au bout de dix ans l'irrigation (sans apports d'engrais) avait transformé cette terre en une prairie fauchable dans laquelle *Agrostis vulgaris* et *Arrhenatherum elatius* tiennent une large place. On y constate en outre (1913) :

2 *Trisetum flavescens*	*Phleum pratense*
2 *Anthoxanthum odoratum*	*Rumex Acetosa*
2 *Festuca rubra*	*Geranium pyrenaicum*
Lolium perenne	*Alchemilla pubescens*
Dactylis glomerata	*Trifolium pratense*

Plantago lanceolata

à côté de quelques survivants de la végétation antérieure comme *Armeria plantaginea, Cerastium arvense, Dianthus deltoides.*

(A suivre.)

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Décembre 1914, janvier et février 1915

(HIVER 1915)

OBSERVATIONS DIVERSES

Décembre 1914

Neige sur le sol : du 11 au 31 à Dailly et à l'Aiguille.
Fœhn : du 7 au 8 et du 8 au 9 aux deux stations inférieures.

Janvier 1915

Neige sur le sol : les 4, 10 et 11, du 22 au 30 à Lavey; le 2, du 9 au 13 et du 17 au 31 à Savatan ; du 1 au 31 à Dailly et à l'Aiguille.

Février 1915

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 10 et 14 à Dailly et à l'Aiguille.
Neige sur le sol : du 1 au 3 et du 22 au 28 à Lavey; du 1 au 3, du 20 au 28 à Savatan ; du 1 au 28 à Dailly et à l'Aiguille.
Fœhn : le 13 aux deux stations inférieures.

MOIS DE DÉCEMBRE 1914

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	710.6	663.1	+ 5.9	+ 5.7	34	**4**	4	8	8	....	....	....	....	....	....	....	....
2	**712.2**	**664.8**	6.0	5.2	39	8	0	2	5	....	....	....	....	....	....	....	....
3	710.7	662.9	7.6	4.2	47	35	6	7	8	1.5	....	1.8	....	1.7	....	1.9	....
4	708.3	660.0	6.5	2.6	57	31	3	1	7	....	....	....	....	....	....	....	....
5	703.4	654.9	5.7	3.4	46	24	8	8	9	3.4	....	3.0	....	1.9	....	1.8	....
6	702.8	656.0	5.1	4.8	84	35	7	2	4	....	....	....	....	1.3	....	1.4	....
7	705.3	658.6	10.0	**8.9**	50	20	5	6	4	....	....	....	....	....	....	....	....
8	704.9	656.8	11.3	8.3	34	13	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
9	696.5	651.7	**12.7**	+ 6.6	32	22	7	6	10	3.5	....	3.8	....	5.6	....	5.4	....
10	698.9	651.1	2.6	− 0.3	**99**	100	10	10	10	**20.3**	....	**15.8**	....	**18.3**	**10**	**18.6**	**11**
11	697.1	650.5	4.7	− 0.8	58	77	5	0	7	4.4	....	3.2	....	1.1	1	1.4	2
12	690.8	647.0	5.1	+ 0.7	72	67	8	4	7	2.5	....	1.2	....	0.4	1	0.7	1
13	690.6	645.6	5.1	0.2	62	89	5	4	7	....	....	....	....	2.3	....	2.4	....
14	**687.2**	**642.5**	6.1	0.7	67	86	10	10	9	14.0	....	13.8	....	9.7	....	9.9	1
15	696.4	648.3	4.3	0.6	75	53	10	8	7	1.0	....	1.0	....	1.5	1	1.7	1
16	703.9	656.3	4.2	+ 0.6	75	44	9	5	10	1.6	...	3.0	...	3.1	2	3.0	2
17	709.5	661.7	2.0	− 1.4	79	62	9	4	8	0.6	...	....	....	0.7	....	0.5	1
18	706.4	657.6	2.1	− 0.7	60	34	5	3	10	....	....	....	....	2.4	1	2.5	1
19	702.9	655.5	3.9	+ 1.0	62	45	7	4	9	....	....	....	...	....	....	....	....
20	695.9	650.3	5.5	+ 2.5	46	19	7	9	6	...	...	0.8	....	1.2	1	1.4	1
21	698.5	651.0	1.9	− 1.6	73	44	7	5	3	....	...	....	....	....	....	....	....
22	700.0	651.1	+ 0.3	− 2.4	44	19	2	2	1	....	...	....	....	....	....	....	....
23	694.4	648.1	− 1.1	− 3.5	38	10	3	1	4	...	....	....	....	....	....	....	....
24	698.1	650.8	− **2.9**	− **5.4**	62	25	8	7	9	....	....	....	....	....	....	....	....
25	704.6	655.6	− 1.9	− 4.2	64	35	2	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
26	710.8	660.2	− 1.0	− 0.1	65	22	1	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	706.7	657.6	+ 3.3	+ 2.9	38	11	7	3	4	....	....	....	....	1.2	....	1.5	....
28	698.9	652.4	6.1	4.1	62	51	10	10	9	9.5	....	11.2	....	9.6	....	9.8	1
29	701.5	654.5	0.9	+ 1.5	86	45	7	8	7	7.5	1	3.2	5	6.4	4	6.5	3
30	707.7	659.0	0.1	− 1.4	67	19	3	2	2	....	....	....	...	....	....	....	....
31	698.0	652.2	+ 4.2	− 1.1	**23**	15	6	10	9	....	....	....	. .	....	....	....	
Mois	701.70	654.45	+ 4.07	+ 1.34	58	38	5.9	4.9	6.4	69.8	1	61.8	5	68.4	21	70.4	25

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1914

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	705.90	705.24	704.92	705.35	658.43	657.98	657.60	658.00
2me » ...	698.58	698.00	697 68	698 09	651.64	651.75	651.21	651.53
3me » ...	701.44	701.94	701.61	701.67	653.90	653.88	653.82	653.87
Mois..	701.96	701.73	701.41	701.70	654.63	654.52	654.20	654.45

Température

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 5.92	+ 9.04	+ 7.08	+ 7.35	+ 3.7	+ 9.7
2me » ...	+ 3.10	+ 5.44	+ 4.34	+ 4.29	+ 1.0	+ 6.3
3me » ...	- 0.58	+ 2.15	+ 1.11	+ 0.89	- 2.2	+ 2.8
Mois..	+ 2.70	+ 5.43	+ 4.08	+ 4.07	+ 0.8	+ 6.2
	Dailly					
1re décade ...	+ 4.15	+ 7.06	+ 3.62	+ 4.94	+ 1.5	+ 8.3
2me » ...	- 0.59	+ 1.21	+ 0.35	+ 0.33	- 1.6	+ 3.4
3me » ...	- 1.95	- 0.16	- 0.94	- 1.02	- 4.4	+ 1.9
Mois..	+ 0.46	+ 2.61	+ 0.95	+ 1 34	- 1.6	+ 4.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	56	49	52	52	32	25	31	29
2me » ...	73	57	67	66	69	49	55	58
3me » ...	60	53	57	57	29	27	25	27
Mois ..	63	53	59	58	43	33	37	38

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	4.4	5.8	4.9	5.1	5.9	4.8	4.4	5.0	6.9	6.5	6.2	6.6
2me » ...	7.4	6.8	8.3	7.5	5.6	5.9	3.8	5.1	7.7	8.6	7.6	8.0
3me » ...	4.2	5.5	5.7	5.1	5.5	4.8	3.4	4.6	5.1	4.5	5.2	4.9
Mois..	5.3	6.0	6.3	5.9	5.7	5 2	3.8	4.9	6.5	6.4	6.3	6.4

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1915

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	696.47	696.49	697.04	696.67	649 07	648.79	648.94	648.93
2me » ...	705.10	704.75	705.48	705.11	656.95	656.38	657.05	656.79
3me » ...	689.92	689.37	689.54	689.61	642.01	641.43	641.94	641.79
Mois..	696 93	696.63	697.10	696.89	649.11	648.63	649.07	648.93

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 1.48	+ 3.22	+ 2.02	+ 2.24	- 0.3	+ 3.9
2me » ...	- 1.58	+ 0.58	- 0.40	- 0.47	- 2.9	+ 1.8
3me » ...	- 5.04	- 2.96	- 3.42	- 3.81	- 6.8	- 2.0
Mois..	- 1.82	+ 0 17	- 0.69	- 0.78	- 3.5	+ 1.1
	Dailly					
1re décade ...	- 0.12	+ 1.20	+ 0.19	+ 0.42	- 2.3	+ 2.6
2me » ...	- 2.31	+ 0.34	- 2.87	- 1.61	- 5.8	+ 1.8
3me » ...	- 7.25	- 4.40	- 5.77	- 5.81	- 9.3	- 2.8
Mois..	- 3.36	- 1.06	- 2.91	- 2.44	- 5.9	+ 0.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	88	77	74	80	57	48	53	53
2me » ...	87	81	77	82	87	58	57	67
3me » ...	76	70	72	73	68	59	63	63
Mois..	84	76	74	78	70	55	58	61

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	8.7	7.8	8.9	8.5	9.3	8.2	8.4	8.6	8.9	6.8	8.5	8.1
2me » ...	7.1	7.8	7.5	7.4	7.1	7.3	6.8	7.1	7.9	6.9	7.1	7.3
3me » ...	6.7	5.5	6.3	6.2	6.4	5.1	7.1	6.2	5.9	6.3	6.8	6.3
Mois..	7.5	7.0	7.5	7.3	7.6	6.8	7.4	7 3	7.5	6.6	7.5	7.2

MOIS DE JANVIER 1915

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	692.1	644.8	+ 3.4	− 0.5	65	27	8	9	7	6.8	....	4.0	2	1.9	4	1.7	5
2	690.1	642.4	1.8	− 2.1	87	100	9	10	10	....	....	5.0	5	0.7	1	0.9	1
3	687.5	640.2	3.1	− 1.1	58	96	7	6	7	2.9	1	0.9	1	2.1	2	2.7	2
4	689.9	640.7	+ 0.9	− 0.6	92	37	9	10	6	1.2	....	0.3	1	2.2	1	2.1	1
5	700.0	651.4	− 0.1	+ 0.2	89	58	10	10	10	2.2	...	1.5	....	2.1	1	2.0	1
6	707.2	659.3	+ 3.6	2.6	88	46	10	10	10	2.6	....	2.5	....	0.7	1	0.9	1
7	703.5	657.8	5.3	5.4	81	40	7	6	8	7.6	....	6.8	....	0.9	1	0.8	1
8	702.4	654.2	3.5	+ 1.5	77	52	6	6	6	1.2	....	0.6	....	2.2	....	2.0	....
9	695.2	648.6	+ 1.3	− 0.2	75	30	9	10	7	4.2	....	5.6	6	1.4	2	1.6	2
10	698.6	650.0	− 0.4	− 0.9	85	41	10	9	9	1.5	....	4.8	5	9.4	6	9.3	6
11	696.9	651.4	+ 0.3	− 1.1	90	51	10	10	9	9.0	....	9.4	6	10.9	**8**	11.0	**8**
12	701.5	655.1	− 0.7	− 3.7	100	91	10	10	10	6.7	....	7.8	**7**	11.9	**8**	11.6	**8**
13	709.2	661.0	+ 0.5	− 0.8	82	64	10	10	10	**13.0**	....	**15.6**	....	**19.3**	2	**19.4**	2
14	710.6	**662.3**	2.7	+ 5.1	100	87	9	9	6	5.8	....	6.0	....	4.3	....	4.0	....
15	708.1	659.1	4.3	**5.8**	80	64	7	6	8	2.2	....	3.4	....	2.6	....	2.4	....
16	698.5	651.6	+ **5.4**	3.3	74	73	10	10	10	10.5	....	8.0	2	3.7	3	3.8	4
17	701.3	652.2	− 1.2	+ 0.3	84	66	10	8	9	3.4	3	1.7	6	13.2	4	13.0	4
18	704.7	655.4	− 3.6	− 7.8	93	99	8	8	10	2.0	2	6.8	4	4.6	3	4.7	3
19	**710.7**	661.3	− 6.4	− 9.3	61	51	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
20	709.5	657.6	− 5.9	− 7.9	52	25	0	0	0	....	....	....	....	0.4	1	0.5	1
21	691.7	646.0	− 5.3	− 4.3	**37**	**8**	5	6	6	4.0	**4**	3.8	6	1.7	1	1.6	1
22	683.7	645.5	− 1.7	− 2.4	99	12	8	10	7	1.5	2	4.0	4	0.2	1	0.2	1
23	**682.7**	636.2	− 3.0	− 5.7	87	100	7	9	9	....	....	....	....	....	....	....	....
24	686.4	638.0	− 2.9	− 2.6	73	60	6	5	4	....	....	....	....	0.9	1	1.2	1
25	689.5	640.5	− 1.4	− 4.5	91	93	10	10	10	2.6	2	3.6	4	1.7	1	1.5	1
26	690.3	641.4	− 1.7	− 5.0	93	100	10	10	10	0.2	1	....	1	0.4	1	0.5	1
27	685.2	638.1	− 2.9	− 7.2	84	100	5	7	9	....	....	....	....	0.1	....	0.2	....
28	684.6	**635.4**	− 6.3	− 9.4	66	58	5	2	4	....	....	....	....	....	....	....	....
29	691.4	640.5	− **7.3**	− **9.8**	63	69	5	3	3	....	....	....	....	0.9	1	0.6	1
30	699.5	647.9	− 4.5	− 7.3	67	87	3	3	8	....	....	....	....	....	....	....	....
31	700.8	650.3	− 4.9	− 5.7	41	12	4	3	0	0.9	2	1.0	3	0.4	1	0.4	1
Mois	696.89	648.93	− 0.78	− 2.14	78	61	7.3	7.3	7.2	92.0	17	103.1	63	100.8	55	100.6	57

MOIS DE FÉVRIER 1913

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	705.2	655.3	- 1.3	- 4.8	96	71	10	10	7	0.6	3	1.0	2	0.9	1	1.1	1
2	709.4	659.4	- 1.9	- 4.5	70	64	0	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
3	709.5	659.6	+ 1.8	+ **1.8**	45	29	5	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	706.1	657.9	+ 0.4	0.5	58	17	4	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
5	706.1	656.9	- 1.3	0.8	74	**11**	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
6	703.0	654.8	+ 1.0	0.3	77	31	8	9	10	1.0	....	1.0	....	0.9	2	1.2	3
7	705.6	657.1	2.0	+ 0.1	74	52	10	10	10	....	....	....	....	....	....	....	....
8	703.6	657.6	3.1	- 0.1	66	63	10	10	10	3.2	....	3.0	....	4.0	2	3.6	2
9	696.3	651.5	+ 2.5	- 1.2	69	40	6	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
10	693.0	647.2	0.0	- 2.5	100	87	10	10	8	10.0	....	10.0	7	11.5	12	11.9	13
11	695.1	656.3	- 1.3	- 3.4	81	55	3	4	7	....	....	....	....	....	....	....	....
12	694.6	647.0	0.0	- 1.9	82	44	5	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
13	693.4	645.6	+ 4.1	- 0.3	45	42	7	9	9	1.8	....	1.5	....	1.9	4	2.1	4
14	692.7	645.8	1.9	- 1.8	97	100	9	9	10	4.7	....	5.0	4	7.6	5	7.7	5
15	697.6	648.9	+ 1.1	- 2.6	97	98	10	9	10	3.8	....	5.2	4	13.8	8	14.2	9
16	706.9	657.7	- 0.3	- 3.3	63	88	5	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
17	705.8	657.8	+ 0.5	- 0.9	**32**	82	1	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
18	699.1	652.7	**5.2**	+ **1.8**	36	87	7	8	6	....	....	0.5	1	0.3	1	0.2	1
19	691.1	645.3	4.1	- 1.0	55	58	9	9	10	....	....	....	....	....	....	....	....
20	686.1	**636.6**	+ 1.3	- 2.3	84	78	10	10	9	10.2	....	8.0	7	4.7	4	4.8	4
21	689.5	640.8	- 0.1	- 1.8	83	92	6	5	9	....	....	....	....	....	....	....	....
22	**682.1**	642.0	+ 2.2	- 3.5	57	54	10	9	10	4.5	2	9.0	9	6.2	5	6.0	5
23	692.7	643.7	- 1.0	- 4.1	100	100	10	10	10	**14.8**	**8**	**14.2**	**23**	**15.2**	**29**	**15.1**	**29**
24	699.7	650.8	- **2.9**	- 6.1	90	95	7	7	9	0.7	....	....	....	2.4	3	2.5	3
25	705.3	657.1	- 2.7	- 5.9	83	99	9	9	9	....	....	....	....	0.5	1	0.4	1
26	**709.8**	**661.4**	- 2.5	- **6.3**	65	67	5	3	6	....	....	....	....	....	....	....	....
27	709.1	659.7	- 1.9	- 3.8	48	27	5	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
28	704.8	656.8	+ 1.3	+ 1.3	49	30	5	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	699.76	652.05	+ 0.54	- 1.99	71	63	6.7	6.4	6.7	55.3	13	58.4	57	69.9	77	70.8	80

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1915

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade ...	703.81	703 98	703.56	703.78	655.44	656.00	655.77	655.74
2me » ...	696.75	695.99	695 98	696.24	649.19	649.04	648.08	648.77
3me » ...	698.59	698.70	700.10	699.13	651.11	651.44	652.04	651.53
Mois..	699.80	699.62	699 86	699.76	651.97	652 21	651 96	652.05

Température

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o	o
Savatan						
1re décade ...	− 0.27	+ 1.47	+ 0.71	+ 0.64	− 2.7	+ 2.8
2me » ...	+ 0.22	+ 3.26	+ 1.50	+ 1.66	− 1.6	+ 4.0
3me » ...	− 2.48	+ 0.50	− 0 92	− 0.97	− 3.6	+ 1.0
Mois..	− 0.73	+ 1.83	+ 0.53	+ 0 54	− 2 6	+ 2.7
Dailly						
1re décade ...	− 1.51	+ 0.14	− 1.53	− 0.97	− 2.9	+ 2.3
2me » ...	− 2.84	+ 0.24	− 2.14	− 1.58	− 4.3	+ 1.7
3me » ..	− 5.14	− 2.74	− 3.42	− 3.77	− 6.5	− 0.6
Mois..	− 3.02	− 0.65	− 2.29	− 1.99	− 4.4	+ 1.3

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ..	77	70	71	73	51	37	51	46
2me » ...	70	60	73	68	75	69	76	73
3me » ..	72	67	76	72	75	66	70	70
Mois..	73	66	73	71	67	57	65	63

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	6 2	6.6	6.4	6.4	6.2	6.6	5.0	5.9	5.8	6.4	5.5	5.9
2me » ...	6.5	7.1	6.3	6.6	7.5	6.4	6.3	6.7	8.2	7.0	6.2	7.2
3me » ...	8 0	7.1	6.4	7.2	7.5	6.5	5.5	6.5	7.5	7.9	6.7	7.3
Mois..	6.8	6.9	6.4	6 7	7.0	6.5	5.6	6.4	7 1	7.0	6.1	6.7

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Séance du 15 avril 1915

Ch.-Eug. Guye. Les équations de conditions des courants dérivés semblables et leurs applications. — Fridtjof Le Coultre. Notes sur les comètes 1913 *a*, 1913 *f* et 1914 *b*.

Ch.-Eug. Guye. — *Les équations de conditions des courants dérivés semblables et leurs applications.* [1]

Fridtjof Le Coultre. — *Notes sur les comètes 1913* a, *1913* f *et 1914* b.

Comète Schaumasse 1913 a. Du 25 mai au 15 juin 1913, j'ai observé 11 fois cette comète; d'abord à la station temporaire de Bernex avec le télescope Schær de 1 m. d'ouverture, puis à l'Observatoire de Genève avec une lunette de 10 cm. du même constructeur.

Pour éviter une transcription littérale des observations, je donne à la page suivante un tableau des facteurs utiles à connaître et je résume les particularités qui me semblent intéressantes.

Comme on le voit, le noyau s'est montré très variable d'une nuit à l'autre. D'abord bien marqué mais sans condensation stellaire, il a eu jusqu'au 29 mai la tendance marquée à devenir de plus en plus précis. Mais le 30, vers 3 h. du matin, une brusque fluctuation est survenue; ses dimensions ont augmenté, il est devenu tout à fait flou et cet état a persisté jusqu'au 15 juin avec un retour dans la nuit du 10 au 11 à son aspect primordial.

[1] Voir Compte rendu de la séance de la Société suisse de physique, *Archives*, 1915, t. XXXIX, p. 435.

Date	Heure moyenne des observations	Eclat du noyau	Observations
25 *Mai*	9.30	7.2	Noyau fortement marqué, mais sans condensation stellaire.
27 »	1.30	7.0	
28 »	10.15	6.8	
29 »	8.30	6.5	Noyau mieux défini.
4 *Juin*	10.20	6.2	Noyau flou et soumis à des variations brusques d'étendue.
6 »	10.40	?	
9 »	10.15	7.5	
10 »	10.20	8.0	Noyau de nouveau plus précis et tend à prendre un aspect stellaire.
11 »	10.10	8.5	
13 »	9.45	?	
15 »	2.15	9.7	Noyau de nouveau flou.

La chevelure suit le noyau dans ses variations. Etendue lorsque celui-ci est précis, elle se ramasse et se condense lorsqu'il grossit et devient nébuleux.

Le 25 mai, une aigrette était visible dans cette chevelure (fig. 1) et le 28, il y avait un renforcement d'éclat au sud-est de la condensation centrale, mais ses deux objets sont restés à la limite absolue de visibilité.

Dans la nuit du 28, à 12 h. 35 m., la comète occultait une petite étoile de 8me grandeur. On la voyait au travers de la chevelure et son éclat n'en était même pas affecté.

L'œil avait la tendance à relier ce point lumineux au noyau, ce qui donnait l'illusion d'une aigrette. Mais parfois on voyait nettement l'étoile comme un noyau secondaire plus précis que le principal.

Comète Zlatinsky 1914 b. De cette comète, je n'ai pu obtenir que trois observations, les 21, 22 et 23 mai 1914. Cet astre offrait la forme d'une nébulosité globulaire avec une forte condensation centrale mal définie de 6me grandeur.

Comète Delavan 1913 f (observations faites en Valais pendant la mobilisation de guerre 1914-15). Comme pour la comète 1913 *a*, je résume en un tableau à la page 74 les données obtenues du 17 septembre au 15 octobre 1914.

A l'œil nu, la comète offrait un beau spectacle céleste et sans être très lumineuse, elle l'était assez pour attirer le regard et l'attention des personnes étrangères à l'astronomie.

Le noyau était remarquable par son aspect absolument stellaire. Vers la fin des observations il est devenu moins précis tout en restant très condensé. Le 12 octobre, on le voyait sous la forme d'un disque nettement limité dont le diamètre égalait les trois quarts de celui de Jupiter.



Fig. 1. — *Comète Schaumasse le 25 mai 1913.*
Dessin pris au télescope Schær de 1 m.



Fig. 2. — *Comète Delavan le 23 septembre 1914.*
Dessin pris à l'œil nu à Collonges (Valais).

Date	Heure moy. des observ.	Eclat du noyau	Longueur de la queue	Observations
17 *Sept.*	3.00	5.0	5°,20′	Noyau stellaire.
22 »	8.30	5.5	3°,00′	Noyau nébuleux.
23 »	8.30	3.2	4°,30′	Noyau stellaire et tout particulièrement bien défini.
24 »	8 30	3.0	3°,00′	
1 *Oct.*	9.00	brumeux	—	
3 »	9.00	4.9	0°,30′	
7 »	9 30	2.7	1°,30′	Noyau nébuleux et très condensé.
9 »	7.50	3.2	4°,00′	
12 »	8.00	3.0	7°,00′	Noyau circulaire.
13 »	8.15	brumeux	8°,00′	Noyau flou.
15 »	8 00	brumeux	—	Queue moins longue.

La chevelure visible de temps à autre n'a jamais pris beaucoup d'extension et la queue semblait souvent partir directement du noyau.

La variations de longueur de la queue ont été fréquentes et assez inattendues. La structure devait être complexe mais impossible à définir à cause de son faible éclat. Il faut seulement retenir comme détails évidents une corne supérieure (fig. 2) bien marquée et un rudiment de corne inférieur très mal défini.

Séance du 6 mai

Arnold Pictet. Influence de la pression barométrique sur le développement des Lépidoptères.

Dr Arnold Pictet. — *Influence de la pression barométrique sur le développement des Lépidoptères.*

La nymphose des Lépidoptères, qui débute avec la dernière mue larvaire, se poursuit jusqu'au moment où la déhiscence des fourreaux, provoquant l'ouverture de la chrysalide, livre passage au Papillon tout développé.

L'époque de l'éclosion est du reste indiquée quelque temps à l'avance par l'apparition, sur les téguments de la chrysalide, de certains caractères précurseurs dont les principaux consistent dans une dilatation des anneaux abdominaux et dans le fait que, chez les Rhopalocères notamment, les dessins et les couleurs des ailes, apparaissant sous les ptérothèques, s'y voient par transparence.

D'autre part, la durée de la nymphose varie dans une large mesure suivant les individus d'une même espèce. C'est ainsi qu'en

considérant un lot de chrysalides sœurs, formées le même jour et maintenues durant toute leur vie dans les mêmes conditions de milieu, on constate non seulement cette variabilité dans la durée de leur développement, mais encore que le temps qui s'écoule depuis le moment où les caractères précurseurs de l'éclosion apparaissent jusqu'au moment où celle-ci a lieu, est plus ou moins long suivant les individus considérés; pour quelques-uns, par exemple, la déhiscence des fourreaux se fera déjà le lendemain, tandis que pour d'autres, elle n'aura lieu que deux, trois et même quatre jours après l'apparition de ces caractères. La durée de la chrysalide peut en conséquence se prolonger passablement depuis le moment où le Papillon est tout formé, prêt à émerger de sa chrysalide, jusqu'à celui où il en sort effectivement.

Quelle est la cause de ces retards plus ou moins longs qui se produisent dans l'éclosion de l'insecte adulte?

Il résulte de 1758 observations effectuées depuis 1907 et d'une trentaine d'expériences pratiquées à partir de 1913 sur des Lépidoptères pris dans tous les groupes de cet ordre, que la diminution de la pression atmosphérique joue un grand rôle pour provoquer l'éclosion des Papillons et que la grande majorité de ceux-ci n'émergent de leur chrysalide que lorsque le baromètre vient à baisser.

Pour nous convaincre du rôle exercé par la pression de l'atmosphère, nous avons dressé, en la notant trois fois par jour, la courbe barométrique depuis 1907; sur les feuilles où cette courbe avait été dressée, nous avons reporté, au moyen d'un signe conventionnel se rapportant aux différentes espèces, les 1758 éclosions observées, à la date et à l'époque de la journée précises où ces éclosions avaient eu lieu. Le résultat de cette opération nous amène à constater que le 91,32 % des individus observés ont éclos pendant la baisse barométrique, l'éclosion du surplus, excessivement restreint comme on le voit, s'étant effectuée par la hausse ou par une pression uniforme. Le détail de ces observations se décompose comme suit :

	Baisse	Hausse ou pression uniforme	Rapport
Rhopalocères	168 indiv.	14 indiv.	92.25 %
Sphinx	14 »	0 »	100.00 %
Bombyciciens	91 »	6 »	93.82 %
Ocneria dispar.	280 »	25 »	91.80 %
Lasiocampa quercus . . .	381 »	34 »	91.81 %
Das. pudibunda	61 »	6 »	91.08 %
Dendrolimus pini	126 »	15 »	90.00 %
Noctuelles	280 »	29 »	90.62 %
Géomètres.	41 »	6 »	88.00 %

Ayant constaté le rôle de la baisse barométrique, cherchons à l'expliquer et adressons-nous, pour cela, à l'expérimentation.

On admettait autrefois que la déhiscence des fourreaux était provoquée par l'animal lui-même qui, en aspirant violemment de l'air dans ses trachées, augmentait le volume de son corps de manière à faire sauter les lignes de suture; mais la constatation que nous avons faite d'une *attente* que subit le Papillon dans sa chrysalide avant d'éclore, bien que formé depuis quelques jours, infirme cette hypothèse.

Au contraire, nos expériences démontrent que :

1. Si l'on place des chrysalides, dès le moment où les caractères précurseurs de l'éclosion sont marqués, dans un cristallisoir hermétiquement clos *où la pression soit uniforme*, on retarde notablement le moment de l'éclosion; il arrive même que le Papillon ne pouvant éclore, et par conséquent ne pouvant se nourrir, meurt de faim dans sa chrysalide.

2. Lorsqu'une chrysalide est sur le point d'éclore alors que le baromètre monte, l'éclosion se trouve retardée jusqu'au jour où la pression baisse de nouveau. Cette baisse peut se présenter le lendemain comme elle peut aussi avoir lieu plusieurs jours après, 4 à 5 jours, ainsi que nous l'avons observé pour des *Pieris brassicae* et *rapae* et des *Papilio machaon*.

3. Dans un cristallisoir hermétiquement clos et en communication par une tubulure avec une pompe à vide, nous plaçons une chrysalide prête à livrer son Papillon; nous abaissons alors subitement la pression de 5 à 10 mm. au sein du cristallisoir et nous constatons que dès l'instant où cet abaissement a lieu, la déhiscence des fourreaux se produit, amenant comme un éclatement de la partie antérieure de la chrysalide, d'où sort le Papillon avec rapidité (expériences vérifiées devant témoin et avec plusieurs espèces). Si la chrysalide n'est pas tout à fait mûre, il faut attendre un certain temps depuis le moment où la pression est diminuée jusqu'à celui où le Papillon émerge.

Il résulte en conséquence de ces expériences que le Papillon, bien que tout formé dans la chrysalide, n'a pas par lui-même le moyen d'en sortir; pour cela, une action mécanique est nécessaire et cette action réside dans une diminution de la pression barométrique survenant au moment propice; ces insectes doivent donc *attendre* qu'une baisse, qui ne tarde jamais beaucoup du reste, se présente pour provoquer leur libération.

Ce mécanisme est facile à comprendre : au cours du développement, il s'établit un équilibre entre l'atmosphère intérieure de la nymphe et l'atmosphère ambiante. Le baromètre venant à monter au moment de l'éclosion, il se forme une pression *du dehors au dedans* capable de retenir les fourreaux contre le corps de la chry-

salide, tandis que, le baromètre baissant, c'est au contraire une pression *du dedans au dehors* qui se forme, laquelle fait sauter les lignes de déhiscence des fourreaux. C'est le même principe qui, chez l'homme, produit un afflux du sang aux orifices de son corps, lorsqu'il monte à une altitude trop élevée.

Le 8 % environ des chrysalides observées a éclos par la hausse ou par la pression uniforme; pour expliquer ces cas exceptionnels, du reste fort restreints, il faut tenir compte des éclosions qui ont eu lieu pendant la nuit et repérées seulement le matin, alors qu'une baisse barométrique nocturne a pu passer inaperçue. Il faut tenir compte encore de ce que d'autres facteurs, tel que le passage d'un milieu sec à un milieu humide, peuvent intervenir en temps propice et jouer le même rôle que la pression barométrique.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 13 janvier 1915

E. Wilczek. Présentation d'un travail de M. Tschirch sur la membrane cellulaire, siège du travail chimique. — Ch. Bührer. Les tremblements de terre de 1912 à 1914.

E. Wilczek présente un travail de M. Tschirch. — *La membrane cellulaire, siège du travail chimique.*

Ce mémoire paraîtra dans le Bulletin de mars.

Ch. Bührer. — *Les tremblements de terre de 1912 à 1914.*

Le dernier grand sisme qui a inquiété la Suisse a eu lieu le 16 novembre 1911. Son centre se trouvait à Ebingen, dans l'Alb wurtembergeoise, où l'intensité était de VIII (démolition de cheminées, dégâts à la chapelle de Würmlingen, à la cathédrale de Constance, etc.). Aux bords du Léman, l'intensité notée était de III-IV. Echelle III = ébranlement observé par de nombreuses personnes au repos; IV, id. par des personnes vaquant à des affaires.

1912. 26 janvier, léger sisme à Aigle, dans la nuit du 25-26.

31 mars, à 5 h. a., du Léman au lac de Neuchâtel; direction S.-N., craquements dans les maisons.

31 mai, à 9 h. 39 p., du Léman à Martigny, direction W.-E., craquements de parois et de charpentes.

8 novembre, à 8 h. 39 a., plaine du Rhône, grondement souterrain, ébranlement des vitres à Bex.

10 novembre, à 3 h., plaine du Rhône: Ollon et Vully.

1913. 28 janvier, à 11 h. p., faible mouvement ondulatoire, N.-S., dans la vallée de la Broye.

14 juin, à 1 $^1/_2$ h. p., faible mouvement ondulatoire, aux bords du Léman.

20 juillet, à 1 h. 07, grand tremblement de terre du Wurtemberg, senti dans tout le canton de Vaud.

10 décembre, à 10 h. 20 a., mouvement local à Montreux, Vevey et Villeneuve; bruit pareil à une explosion.

1914. 26 octobre, à 4 h. 43 a., sisme senti dans toute la Suisse. Les feuilles des arbres tombent, craquements dans les maisons.

27 octobre, à 10 h. 23 a., dans toute la Suisse, mais plus faible que le 26.

17 novembre, à Villars sur Ollon et Arveye, une série de secousses sismiques dès 1 h. 15 a. à environ 2 h. a., accompagnées de bruit souterrain.

16 décembre, à 11 h. 20 p., faible secousse à Bex.

La Commission des tremblements de terre, instituée en 1880 par la Société helvétique des sciences naturelles, a cessé d'exister. L'étude des phénomènes sismologiques de la Suisse est devenue, depuis le 1er avril 1914, un service fédéral attaché au Bureau central météorologique de Zurich. Par convention conclue entre la Confédération et la Société helvétique des sciences naturelles, celle-ci remet au Bureau central météorologique sa part de l'Observatoire sismologique de Degenried (près Zurich), avec tous les instruments, appareils et mobilier, la bibliothèque et les archives sismologiques, ainsi que le fond de caisse de la Commission.

Nous devons à la sollicitude prévoyante du regretté F.-A. Forel une clause en faveur de la Bibliothèque cantonale de Lausanne. De tous les imprimés arrivant en double au service sismologique, jusques et y compris ceux de l'année 1921, un exemplaire devra être remis à notre Bibliothèque.

A l'avenir, ce sont les stations météorologiques qui signaleront au service fédéral les mouvements sismiques qui parviennent à leur connaissance. Cependant, le nouveau service compte, comme par le passé, sur la collaboration du public, si spontanée et si féconde pendant ces trente-trois années.

Séance du 20 janvier

J. Piccard. Rapport entre la constitution de la couleur des matières organiques.

M. J. Piccard. — *Rapport entre la constitution et la couleur des matières organiques.* Ce mémoire paraîtra dans le Bulletin.

Séance du 3 février

H. Lador. 1° Objets provenant des tribus papoeases de la Nouvelle Guinée (possessions hollandaises); 2° Larve vivante d'ampuse. — Jules Cauderay. Perfectionnement dans la construction des sonneries et appareils électriques.

H. Lador présente :

1° *Divers objets provenant des tribus papoeases de la Nouvelle Guinée* (Possessions hollandaises), rapportés par M. Feuilletan de Bruine, officier de l'armée hollandaise aux Indes, et donnés au Musée d'art industriel, en août 1913, à savoir : *une lance en bois* d'une seule pièce taillée dans un tronc d'arbre (sculptée à jour par le feu) : « Les naturels de ces tribus ne possèdent pas d'outils en métal, leurs sculptures ou gravures sont faites par le feu ou au moyen de débris de coquillages » ; *un ornement de nez*, sculpté dans un os (cet ornement se portait dans le septum troué à cet effet et retroussait les narines), provenant de la tribu papoease de l'estuaire du fleuve Oetemboewe.

Un arc, des flèches en bois, à plusieurs barbelures, avec tiges en bambous portant des ornements gravés; *un javelot* en bois sculpté et portant des barbelures; de la tribu papoease de Digoel :

Un poignard en os, taillé dans la mâchoire inférieure d'un crocodile (pièce très rare).

Une hache en pierre, emmanchée dans une racine de bambou (M. Lador fait remarquer l'analogie avec la hache des Indiens du Pacifique et la hache des Lacustres de Robenhausen, dont il présente des échantillons appartenant au Musée d'art industriel), de la tribu papoease habitant l'estuaire de Bloemrivier.

Un tuyau en bambou gravé servant aux chefs pour renfermer leurs papiers; et *un fourreau plus petit*, également en bambou gravé, pour renfermer le passeport. Ces gravures, très fines, sont exécutées avec des débris de coquillages; de la tribu montagnarde Alœne de la race d'Ali Fourous, habitant le village Mansesa Macroewe, dans l'île Ceram (Moluques), N.-O. de la Nouvelle-Guinée.

Un petit fourreau en bambou décoré au feu, dans lequel les naturels renferment la chaux utilisée dans la préparation de la *chique de béteil*, de la tribu Kwe Malé, habitant le village Tanniwel, au N. de l'île de Ceram; M. Lador rappelle que la chique de béteil est formé d'une *feuille de béteil* (espèce de poivrier), barbouillée de chaux et dans laquelle on enveloppe un morceau de *noix d'arec* (fruit d'un grand palmier [Arec cachou] très

abondant dans les Indes et les Moluques). Ce masticatoire est d'un usage continuel chez les habitants de l'Asie équatoriale; il relève les forces digestives dans ces climats chauds et humides. L'abus de la chique de bétel donne aux dents la couleur noir ébène. Il montre une noix d'arec et des feuilles de bétel provenant de la Cochinchine.

Une assiette, probablement chinoise, car les tribus papoeases ne fabriquent pas de poteries; sur laquelle, pendant l'office de reconnaissance, étaient déposées les têtes des ennemis tués dans les combats; cette *assiette d'offrande* a été enlevée du sanctuaire du village Honitotoe (île Ceram).

Une ceinture d'homme (Lawania) d'un naturel du village Roeman Soal (île Ceram). Cette ceinture est faite de fibres d'écorce juxtaposées.

2° *Une larve vivante d'ampuse*, que lui a adressée M. le professeur Choffat, de Lisbonne (elle a été mise en poste le 18 janvier); cette larve, pas très rare dans les dunes, est celle d'un insecte du genre Orthoptère de la famille des Mantes, avec lesquelles il a d'ailleurs de grandes ressemblances, et qui, comme elle, est carnassière, mais aussi sobre que la Mante est vorace. Cet insecte est assez commun en Provence où M. Lador l'a récolté autrefois. Le grand entomologiste provençal J.-H. Fabre, qui a élevé et observé de nombreux insectes, a donné d'intéressants détails sur les mœurs de la larve d'ampuse et de son insecte parfait.

La larve vit dans les gazons coriaces des terrains arides où elle chasse les petits insectes; on la trouve du printemps à mai, en automne et quelquefois en hiver, se chauffant au soleil. Pendant la saison froide, elle se retire dans les anfractuosités laissées entre elles par les pierres, elle s'y engourdit et vit dans une abstinence complète jusqu'au retour de la chaleur, c'est en mai que se fait la transformation. En captivité, cette larve garde toujours la station renversée en s'accrochant par les quatre pattes au haut du treillage qui forme sa loge (station contraire à celle de l'insecte à l'état libre), et là, pendant dix mois, selon l'expression de M. Fabre : « Elle reste suspendue au treillis, elle chasse, mange, digère, sommole, se dépouille, se transforme, s'accouple, pond et meurt. » Grâce à l'obligeance de M. Morton, il présente l'insecte parfait préparé pour collection.

Jules CAUDERAY. — *Perfectionnement dans la construction des sonneries et appareils électriques.*

On sait que dans les sonneries électriques, ainsi que du reste

dans tous les appareils utilisant l'électro-aimant, il se produit au moment de la rupture du circuit, et au point même de cette rupture, une étincelle provenant de l'induction des spires de la bobine les unes sur les autres.

On appelle souvent cette induction *extra-courant.*

Chaque sonnerie, ainsi que beaucoup d'autres appareils, sont pourvus d'un dispositif appelé *trembleur*, attribué, sauf erreur, au physicien Naef, et qui fait vibrer le marteau aussi longtemps que le circuit est fermé sur l'appareil.

La disposition de ce trembleur est suffisamment connue pour que je me dispense d'en faire la description ; je dirai seulement que les pièces de ce trembleur, destinées à fermer et ouvrir le circuit de l'électro-aimant, sont terminées par de petites masses d'argent dont l'une en vibrant avec le marteau vient rétablir le contact chaque fois qu'il a été interrompu par l'attraction des bobines.

Or, à chaque interruption, au moment de la séparation des deux masses, il jaillit une étincelle entre elles. Cette étincelle est plus ou moins forte, suivant l'intensité du courant ou la grandeur des bobines.

Cette étincelle, non seulement oxyde les petites masses d'argent, mais les détruit petit à petit, et il arrive que le contact se faisant entre l'une des masses et un autre métal fortement oxydable par l'étincelle, ou même entre deux métaux tels que acier et cuivre, la couche d'oxyde interrompt complètement le courant.

Il faut alors remplacer les petites masses d'argent par des nouvelles, ce qui est toujours un travail assez long, pendant lequel le service est interrompu.

J'ai cherché pendant longtemps à parer à cet inconvénient et y ai finalement réussi de la manière suivante :

Je fixe dans la boîte même de la sonnerie une petite bobine sur laquelle est enroulé un fin fil de maillechort isolé et dont l'enroulement est fait de manière à supprimer la self-induction, c'est donc une *résistance sans induction.*

Cette résistance doit être de vingt à trente fois plus grande que celle des bobines actives, et elle est montée en dérivation directement sur ces dernières. Alors l'extra-courant s'écoule dans la résistance sans induction et aucune étincelle n'endommage les contacts d'argent, et cette cause d'arrêt est ainsi supprimée.

On peut dire que le 80 ou 90 % des arrêts de sonnerie provient de cette cause.

Cette disposition, pour laquelle j'ai pris un brevet, pourra probablement être utilisée pour d'autres appareils et machines.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

F. Kehrmann et D. Kissine. — Une synthèse dans le groupe des colorants azoxiniques (*Ber. d. D. chem. Ges.*, t. 47 (1914), p. 3096-3100; laboratoires de chimie organique des Universités de Genève et de Lausanne).

Le *monoacétylamino-4-naphtol-1* donne par l'action du nitrite de soude en présence d'acide acétique un *dérivé nitrosé* qui fournit, par réduction au moyen du sulfure de sodium, l'amine correspondante dont le chlorhydrate est en longues aiguilles brun clair. Si l'on chauffe ce chlorhydrate avec l'aminonaphtoquinone en solution dans l'alcool méthylique, on obtient une nouvelle matière colorante violet bleu. Cette combinaison est en partie hydrolysée par l'eau et la base obtenue est jaune orange. Celle-ci se dissout difficilement en rouge bordeaux et sa solution dans le benzène et l'alcool est jaune orange avec une fluorescence jaunâtre. Si l'on élimine de ce colorant le groupe acétyle au moyen de l'acide sulfurique étendu, on obtient un sulfate violet du composé diaminé, soluble dans l'eau et dans l'alcool en violet. Les propriétés du colorant acétylé sont très semblables à celles de l'amino-3-naphtophénazonium et il est probable que cette nouvelle substance correspond à la formule de constitution :

N

$C^2H^3O \cdot HN$ NH^2

OCl

MESURES DU COURANT ELECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites chaque jour à Altdorf et à Fribourg, entre 1 h. 30 et 2 h. du soir

JUIN 1915

Date	Altdorf			Fribourg			Temps
	λ	P. G.	Cour^t	λ	P. G.	Cour^t	
1	238	55	44	298	78	77	Ass. beau à A., couv. à F.
2	236	55	43	256	71	61	» »
3	—	—	—	322	59	64	Assez beau.
4	265	+70 à -310	—	198	69	45	Orageux.
5	—	—	—	176	102	53	Beau.
6	225	79	59	219	101	73	Brumeux.
7	—	—	—	264	121	106	»
8	280	67	62	382	< 40	—	Beau.
9	364	44	53	237	oscillant	—	Pluie à Fribourg.
10	273	62	56	215	83	59	Pluvieux à Fribourg.
11	270	74	67	393	78	105	» »
12	274	43	39	262	+35 à 220	—	Orageux.
13	246	- > 500	—	316	88	92	»
14	296	37	36	257	78	67	»
15	263	57	50	228	112	85	Beau.
16	158	67	35	233	90	70	»
17	285	57	54	292	87	84	Assez beau.
18	240	41	33	276	41	38	» »
19	294	+10 à -72	—	—	—	—	Pluie.
20	228	43	33	—	—	—	Couvert.
21	250	44	37	251	107	89	»
22	295	37	36	295	35-135	—	»
23	302	39	39	255	-67 à 0	—	Pluie à Fribourg.
24	281	61	57	195	> 200		Orageux.
25	264	51	45	253	67	56	Assez beau.
26	321	48	51	348	57	67	» »
27	—	—	—	—	—	—	Pluie à Altdorf.
28	—	—	—	—	—	—	Pluie.
29	357	51	61	381	81	112	Assez beau.
30	249	-50 à -310	—	355	-240 à +45	—	Pluvieux.

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1915

Le 1, pluie de 5 h. à 6 h. 40 du soir; orage à 5 h. 45 et pluie dans la nuit.
2, petite pluie de 10 h. 25 à 11 h. 30 du matin.
3, rosée le matin, orages à 1 h. 30, 3 h. et 3 h. 40 du soir, pluie de 7 h. 10 à 8 h. 15 du soir et dans la nuit.
6, *la dernière tache de neige a disparu sur le Salève.*
7, orage à 3 h. 10; pluie de 3 h. 30 à 5 h. 30 du soir.
8, orages à 3 h. 15, 4 h. 25 et 8 h. 30 du soir.
9, orages à 5 h. 30 et 8 h. 45 du soir; pluie de 6 h. 20 à 7 h. 30, de 8 h à 8 h. 30 du soir et dans la nuit.
10, pluie de 8 h. 20 à 10 h. 15 du matin et de 2 h. 35 à 4 h. 40 du soir.
12, faible rosée le matin; orage à 12 h. 45.
13, orages à 12 h., 2 h. 50, 6 h. 40 et 7 h. 45 du soir; nombreux éclairs dans la la nuit.
14, orages à 12 h. 35, 7 h. 50, 9 h. 15 du soir et dans la nuit.
18, pluie de 1 h. 10 à 2 h. 20 et dans la nuit.
19, orage à 3 h. 25; pluie de 4 h. 15 à 5 h. 20, de 9 h. à 10 h. du soir et dans la nuit.
21, pluie de 4 h. 40 à 7 h. du soir.
23, orages à 11 h. 45, 2 h. 50 et 6 h. 30 du soir; pluie de 11 h. 45 à 1 h., de 6 h. 30 à 7 h. 40 du soir et dans la nuit.
24, orage à 2 h. 25; pluie de 7 h. 15 à 8 h. 20 du soir et dans la nuit.
25, pluie de 8 h. 20 à 9 h. 15 du matin.
26, pluie de 3 h. 10 à 4 h. 20 du soir.
27, orage à 3 h.; pluie de 3 h. à 5 h. 20, de 7 h. à 10 h. du soir et dans la nuit.
28, pluie de 11 h. à 1 h. du soir.
29, pluie à 4 h. 45, de 9 h. 15 à 10 h. du soir et dans la nuit.
30, orage à 2 h. 45; pluie de 3 h. à 3 h. 40, de 4 h. 10 à 4 h. 35, de 7 h. à 8 h. 40 du soir et dans la nuit.

GENÈVE — JUIN 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	25.6	24.4	25.7	25.01	− 1.28	23.7	26.0	NNE. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	6.1	9	4	9	8	6.1	13.7	8
2	25.1	25.5	25.5	25.23	− 1.10	24.6	25.9	W. 1	NNE. 1	NE 1	var.	3.8	9	9	0	8	1.7	0.2	1
3	26.9	27.3	29.5	27.39	+ 1.01	25.8	30.6	SSW. 1	NNW. 1	SE. 1	SE. 1	2.5	8	9	10	9	6.7	2.6	3
4	30.9	30.9	32.0	30.90	+ 4.48	30.0	**32.2**	E. 1	N. 1	NNE. 1	calme	1.5	8	2	3	4	11.0	....	....
5	32.0	30.9	30.4	**31.13**	+ **4.67**	29.8	32.1	NE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	4.6	1	1	0	1	13.2	....	....
6	30.6	28.9	28.3	29.30	+ 2.80	27.8	30.6	SSW. 0	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	4.7	0	0	0	0	**14.0**	....	....
7	28.6	27.3	28.1	27.98	+ 1.44	26.8	28.6	NNE. 1	NNE. 1	SSW. 1	NNE. 1	3.4	0	2	10	3	11.1	0.6	2
8	28.0	26.3	26.8	26.86	+ 0.28	25.2	28.2	NNE. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	2.5	0	8	7	4	10.7	....	....
9	26.1	24.4	24.7	24.99	− 1.63	23.0	26.3	NE. 1	SSW. 1	NNW. 1	calme	1.1	5	4	9	5	11.2	**20.3**	7
10	25.2	24.7	26.0	25.34	− 1.32	24.3	26.7	SSE. 1	SSW. 1	SE. 1	calme	0.7	9	7	8	7	2.4	4.1	4
11	28.1	27.5	28.9	27.79	+ 1.09	26.7	29.2	SSW. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	2.7	9	2	1	4	12.4	....	....
12	29.8	28.6	27.9	28.67	+ 1.93	27.6	29.8	NE. 1	NNW. 1	SE. 0	NNE. 1	2.3	0	2	1	2	11.2	....	....
13	28.1	25.9	25.3	26.58	− 0.20	24.3	28.2	NW. 0	NNE. 1	S. 1	calme	1.3	0	3	8	4	11.7	....	....
14	25.8	25.2	25.3	25.38	− 1.43	24.5	26.1	NW. 1	NNW. 1	SE. 1	calme	1.5	9	9	9	9	6.1	....	....
15	26.7	25.8	26.7	26.15	− 0.70	25.2	27.2	NE. 1	NNW. 1	NE. 1	NNE. 1	5.9	1	0	0	1	13.5	....	....
16	27.3	26.9	26.8	26.89	0.00	26.0	27.5	NNE. 1	NNE. 1	W. 1	NNE. 1	4.0	0	2	2	3	13.8	....	....
17	27.8	26.9	26.9	27.10	+ 0.18	26.0	27.8	SSW. 1	N. 1	W. 0	N. 1	1.9	2	2	9	6	10.4	....	....
18	26.9	26.0	26.7	26.42	− 0.54	25.3	27.2	SSW. 0	NNE. 1	SSW. 1	NNE. 1	2.9	2	9	5	5	10.1	0.4	2
19	27.5	26.7	27.1	26.88	− 0.11	25.8	27.5	SSW. 1	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	2.1	10	9	9	9	2.6	4.6	4
20	27.0	26.1	24.9	25.95	− 1.08	24.7	27.0	NNE. 1	NNE. 2	SW. 0	NNE. 1	**9.2**	7	1	0	2	13.0	....	....
21	24.4	24.1	25.7	24.62	− 2.44	24.0	25.9	SW. 1	SSW. 1	NE. 1	SSW. 1	4.0	8	9	9	9	3.7	0.2	2
22	25.8	24.9	26.0	25.48	− 1.61	24.8	26.2	SW. 0	SE. 1	SSE. 1	NNE. 1	3.6	9	9	6	7	5.8	....	....
23	25.8	24.9	26.4	25.47	− 1.65	24.1	26.4	NNE. 1	SW. 1	SW. 1	var.	3.1	9	3	9	7	6.7	11.6	4
24	26.6	24.9	24.1	25.33	− 1.83	23.6	26.7	SSE. 1	N. 1	NE. 1	N. 1	4.4	9	3	10	8	0.0	3.2	3
25	24.8	23.9	27.1	24.67	− 2.52	**22.8**	27.4	W. 1	SSW. 1	W. 1	SSW. 1	4.0	10	8	10	8	4.9	1.6	1
26	27.9	27.1	27.0	27.34	+ 0.12	26.6	27.9	NNW. 1	N. 1	NE. 1	NE. 1	2.9	2	7	1	5	11.5	1.5	1
27	27.0	25.0	25.7	26.00	− 1.25	24.5	27.3	SSE. 1	NNE. 1	E. 1	calme	1.1	1	7	10	6	9.5	16.8	**10**
28	25.5	25.6	25.9	25.46	− 1.82	24.7	26.0	SSW. 0	SE. 1	SSE. 1	SE. 1	3.6	10	9	0	7	1.1	1.6	2
29	24.7	23.3	24.4	**24.22**	− **3.08**	22.9	25.9	SSW. 1	NW. 1	SSW. 1	SSW. 1	1.7	1	9	10	6	7.0	1.5	3
30	26.0	25.4	26.1	25.79	− 1.54	25.2	26.3	SSE. 1	SW. 1	NW. 1	SSW. 1	5.4	9	8	8	9	2.4	12.0	6
Mois	27.09	26.18	26.73	26.54	− 0.65							3.28	5.2	5.2	5.8	5.5	215.5	96.5	63

GENÈVE — JUIN 1915

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Écart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+14.0	+18.1	+14.2	+15.24	− 0.10	+12.0	20.6	81	61	90	78	+ 8	57	95	16.8	+ 3.1	1685
2	15.0	18.1	16.6	16.04	+ 0.58	12.5	19.0	92	74	95	**85**	**+15**	72	96	17.3	+ 3.5	1680
3	16.8	22.4	16.9	17.59	+ 2.01	12.0	23.3	89	58	84	79	+ 9	56	91	17.0	+ 3.1	1675
4	16.9	21.2	19.4	18.75	+ 3.05	14.5	23.7	91	62	72	76	+ 6	57	93	16.0	+ 1.9	1705
5	17.7	23.5	20.6	20.06	+ 4.21	13.5	25.8	80	62	69	71	+ 1	48	90	18.2	+ 4.0	1730
6	18.6	24.9	21.4	20.68	+ 4.71	14.5	26.0	79	50	72	72	+ 2	47	91	—	—	1775
7	19.8	25.0	19.0	20.10	+ 4.01	15.3	26.4	71	52	80	71	+ 1	50	87	19.3	+ 1.9	1745
8	18.7	24.1	19.6	20.22	+ 4.05	14.0	25.5	76	60	72	69	− 1	45	86	19.5	+ 5.0	1755
9	18.0	26.7	18.5	20.53	+ 4.25	11.5	**28.7**	82	44	85	70	0	40	92	18.3	+ 3.7	1765
10	18.0	24.0	20.2	19.35	+ 2.96	11.8	25.7	90	59	85	83	+13	53	95	16.3	+ 1.5	1765
11	18.9	24.3	20.8	20.16	+ 3.66	15.0	25.5	83	45	81	74	+ 4	42	93	17.5	+ 2.7	1775
12	19.6	25.4	21.7	21.24	+ 4.63	14.5	27.3	81	61	79	74	+ 4	45	92	20.5	+ 5.5	1805
13	21.0	25.9	22.1	**21.67**	**+ 4.96**	15.8	27.2	78	57	72	74	+ 4	54	91	—	—	1815
14	20.7	23.0	20.4	20.69	+ 3.87	16.8	24.3	82	68	83	78	+ 8	65	90	22.0	+ 6.8	1835
15	18.2	22.4	19.6	19.71	+ 2.79	15.8	23.4	60	54	55	64	− 6	52	92	21.7	+ 6.4	1845
16	16.0	20.7	19.2	18.17	+ 1.15	11.5	23.5	50	46	56	**57**	**−13**	42	82	20.7	+ 5.3	1855
17	17.8	22.8	18.3	18.74	+ 1.63	13.4	24.3	65	35	71	60	−10	42	85	21.2	+ 5.7	1855
18	17.8	21.9	19.4	19.24	+ 2.03	13.8	23.8	72	45	41	61	− 9	**31**	88	21.0	+ 5.4	1855
19	14.6	19.2	13.8	15.74	− 1.56	12.2	20.3	84	56	90	76	+ 6	51	90	17.0	+ 1.3	1845
20	14.1	19.1	16.5	16.20	− 1.19	11.8	20.8	76	54	65	68	− 2	49	88	—	—	1825
21	15.2	20.2	15.4	15.80	− 1.68	10.0	21.5	80	54	85	76	+ 6	51	93	19.5	+ 3.5	1815
22	15.1	19.7	17.1	16.89	− 0.68	13.0	21.8	92	58	76	76	+ 6	55	95	19.7	+ 3.7	1825
23	16.4	21.9	13.8	16.69	− 0.96	12.0	25.2	81	58	98	80	+10	52	**98**	19.2	+ 3.1	1815
24	14.6	20.1	17.6	16.48	− 1.25	10.8	21.2	90	61	85	79	+ 9	57	96	19.5	+ 3.3	1800
25	14.2	22.9	18.5	18.05	+ 0.24	13.0	24.3	95	47	73	76	+ 7	43	97	19.7	+ 3.4	1830
26	18.4	23.0	19.5	19.29	+ 1.41	14.8	23.6	77	54	74	72	+ 3	50	88	18.8	+ 2.4	1755
27	17.1	24.0	15.8	17.22	− 0.74	11.8	25.3	75	46	89	78	+ 9	41	94	—	—	1735
28	15.0	16.4	15.0	15.50	− 2.53	12.0	18.8	89	79	73	81	+12	58	93	19.0	+ 2.4	1740
29	13.7	21.0	15.0	15.34	− 2.75	9.8	22.8	77	41	68	68	− 1	40	94	19.0	+ 2.3	1745
30	+14.4	+17.6	+10.2	**+13.84**	**− 4.32**	**+ 9.2**	20.0	86	56	97	79	+10	52	97	13.0	− 3.8	1725
Mois	+16.90	+21.99	+17.87	+18.17	+ 1.36	+13.15	23.65	80	55	77	73	+ 3			18.76	+ 3.42	1784

MOYENNES DE GENÈVE. — JUIN 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. – Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.64	27.66	27.90	27.77	27.08	26.53	26.85	27.89	27.41
2e »	27.06	27.13	27.49	27.17	26.55	25.90	26.10	26.83	26.78
3e »	25.66	25.61	25.87	25.50	24.91	24.76	25.28	25.90	25.44
Mois	26.79	26.80	27.09	26.81	26.18	25.73	26.08	26.87	26.54

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc	+15.52	+14.07	+17.35	+20.18	+22.83	+22.69	+19.93	+18.27	+18.86
2e »	16.06	14.57	17.90	20.31	22.47	22.83	20.88	18.23	19.16
3e »	13.57	12.46	15.44	18.63	20.68	18.92	17.30	15.07	16.51
Mois	+15.05	+13.70	+16.90	+19.71	+21.99	+21.48	+19.37	+17.19	+18.17

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	86	89	83	67	58	62	75	82	75
2e »	85	87	73	63	52	53	63	73	69
3e »	89	91	84	65	55	67	75	85	76
Mois	87	89	80	65	55	61	71	80	73

Dans ce mois l'air a été calme 128 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{81}{33} = 2.45$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

Pression atmosphérique		26.67 mm
Nébulosité		5.4
Température	$\frac{7 + 1 + 9}{3}$	+18°.92
	$\frac{7 + 1 + 2 \times 9}{4}$	+18°.66
Fraction de saturation		71 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

Press. atmosphér.	(1836-1875)	27.19 mm
Nébulosité	(1847-1875)	5.4
Hauteur de pluie	(1826-1875)	76mm.0
Nombre de jours de pluie	(id.)	11
Température moyenne	(id.)	+16°.81
Fraction de saturat.	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	74.4	107.9	98.5	118.9	98.1	117 5	94.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	110.8	96.5	142.1	136.1	111.6	75.6

Insolation à Jussy : ? h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1915

Les 1, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 26. 28 et 29, brouillard.
29 et 30, pluie et neige.
17, 20 et 28, forte bise.
Le 25, fort vent.

GRAND SAINT-BERNARD — JUIN 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	65.5	65.8	66.3	65.9	+ 0.2	65.3	66.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	0.5	....
2	66.0	66.7	67.4	66.7	+ 0.9	65.8	67.5	SW. 3	SW. 1	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	8.2	...
3	67.6	68.9	69.6	68.7	+ 2.8	67.4	70.1	SW. 1	SW. 1	NE. 0	SW. 1	10	10	10	10	2.0	...
4	70.1	71.6	72.8	71.6	+ 5.7	69.9	72.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	....	....
5	72.7	72.7	72.8	**72.7**	+ **6.7**	72.5	**72.9**	NE. 0	NE. 0	NE. 0	NE. 0	0	3	10	4	....	....
6	72.1	71.8	72.0	72.0	+ 5.9	71.6	72.8	SW. 0	NE. 1	SW. 1	var.	1	2	1	1	....	....
7	71.7	71.9	71.4	71.7	+ 5.5	70.9	72.1	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	2	10	10	7	0.8	....
8	70.6	70.7	70.0	70.4	+ 4.1	69.0	70.9	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	10	10	9	....	....
9	68.3	68.4	68.2	68.3	+ 2.0	68.0	69.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	9	10	8	....	....
10	67.9	68.0	68.8	68.2	+ 1.8	67.6	69.1	SW 2	SW. 1	SW 1	SW. 1	9	9	4	7	1.3	....
11	69.5	70.2	71.7	70.5	+ 1.0	69.0	71.7	NE. 0	SW. 0	NE. 0	calme	2	7	2	4	..	....
12	71.8	72.0	71.8	71.9	+ 5.3	71.5	72.0	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	2	6	1	3	...	....
13	70.7	70.2	69.1	70.0	+ 3.3	69.0	71.6	NE. 0	NE. 1	NE. 0	NE. 0	4	3	10	6	....	....
14	68.1	68.0	68.4	68.2	+ 1.5	67.8	69.0	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	10	7	10	9	...	....
15	67.4	67.5	67.9	67.6	+ 0.8	67.2	68.2	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	10	3	8	7	1.5	...
16	67.7	68.0	68.3	68.0	+ 1.1	67.5	68.4	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	10	9	10	10	0.1	....
17	68.0	68.0	68.1	68.0	+ 1.0	67.8	68.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	6	10	9	7.5	....
18	67.6	67.5	67.6	67.6	+ 0.6	67.2	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	8	4	10	7	...	....
19	66.4	65.7	65.5	65.9	− 1.2	65.3	67.1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	12.3	.. .
20	65.2	65.0	66.1	65.4	− 1.8	65.0	66.3	NE. 1	NE. 4	NE. 1	NE. 2	10	2	1	4	6.5	....
21	65.1	65.0	65.8	65.3	− 1.9	65.0	66.0	SW. 0	SW. 1	SW. 0	SW. 0	10	10	10	10	....	....
22	66.1	66.4	67.2	66.6	− 0.7	65.8	67.2	NE. 0	NE. 1	NE. 0	NE. 0	10	4	9	8	4.4	....
23	67.0	67.2	67.4	67.2	− 0.2	66.8	67.4	SW. 1	SW. 0	SW. 0	SW. 0	10	10	10	10	10.6	....
24	67.4	67.2	67.0	67.2	− 0.2	66.8	67.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	6	10	8	18.0	. ..
25	65.8	66.2	68.1	66.7	− 0.8	65.5	68.4	SW. 4	SW. 1	NE. 1	SW. 2	10	8	6	8	... .	. ..
26	68.3	68.4	68.7	68.5	+ 0.9	68.1	68.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	7	10	9	. ..	...
27	67.8	67.4	66.4	67.2	− 0.1	65.8	68.7	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	0	8	10	6	**30.8**	....
28	64.5	64.5	64.7	64.6	− 3.1	64.3	64.8	NE. 3	NE. 1	NE 1	NE. 2	10	10	10	10	. ..	....
29	63.4	63.5	63.8	**63.5**	− **4.2**	**63.2**	64.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	4	10	8	1.6	1
30	64.1	64.5	64.0	64.2	− 3.6	63.7	64.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	....	....
Mois	67.82	67.96	68.23	68.00	+ 0.89							7.6	7.2	8.4	7.7	106.1	1

Jour du mois	Température: 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en %: 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 2.4	+ 3.0	+ 2.9	+ 2.8	+ 0.1	+ 2.1	+ 3.8	91	96	95	94	78	98
2	2.1	3.0	2.6	2.9	+ 0.1	2.0	3.8	96	96	83	92	81	98
3	3.1	4.0	4.0	3.7	+ 0.8	2.4	5.2	85	91	93	90	70	95
4	3.1	6.1	4.9	4.7	+ 1.7	3.0	9.0	95	88	95	93	64	96
5	5.7	12.4	6.6	8.2	+ 5.1	5.0	14.1	76	56	95	75	40	96
6	6.8	11.6	9.7	9.4	+ 6.2	6.0	14.4	74	68	76	73	43	85
7	7.6	6.4	6.8	6.9	+ 3.6	6.0	8.2	84	94	90	89	66	96
8	5.6	4.9	4.6	5.0	+ 1.6	4.4	6.3	90	87	91	89	72	94
9	4.7	6.5	5.6	5.6	+ 2.1	4.5	7.8	81	84	93	86	63	95
10	5.1	6.6	6.2	6.0	+ 2.4	4.8	9.0	91	79	79	83	60	93
11	6.3	8.2	6.5	7.0	+ 3.3	5.0	10.0	76	74	84	78	57	86
12	8.1	10.9	8.3	9.1	+ 5.3	6.2	14.7	73	60	87	**72**	**35**	90
13	8.2	15.2	8.0	**10.5**	+ **6.6**	6.8	**15.8**	74	54	90	73	40	92
14	7.5	9.6	6.2	7.8	+ 3.8	5.8	10.7	90	74	94	86	56	97
15	4.8	9.2	5.5	6.5	+ 2.4	4.7	10.0	94	68	92	85	54	96
16	3.2	5.1	4.7	4.3	+ 0.1	2.9	7.3	96	96	92	95	70	98
17	3.8	8.4	3.7	5.3	+ 1.0	3.6	9.0	94	67	90	84	54	96
18	3.8	7.8	3.6	5.0	+ 0.6	3.5	8.8	86	62	93	80	48	95
19	2.1	6.3	0.2	2.9	− 1.6	0.1	7.0	91	92	96	93	70	**99**
20	0.2	5.0	4.3	3.2	− 1.4	0.1	6.1	94	78	85	86	60	98
21	2.9	6.2	2.2	3.8	− 0.9	2.2	6.3	93	77	92	87	66	96
22	3.0	6.6	5.0	4.9	+ 0.2	2.7	6.8	92	80	88	87	61	94
23	3.3	4.6	3.0	3.6	− 1.2	3.0	6.2	87	91	88	89	65	93
24	3.1	5.8	3.1	4.0	− 0.9	2.2	6.0	87	81	97	88	64	98
25	3.2	4.8	4.8	4.3	− 0.7	2.6	6.7	96	82	83	87	62	98
26	4.8	8.7	5.5	6.3	+ 1.3	3.7	8.8	89	75	95	86	64	96
27	5.1	9.2	2.8	5.7	+ 0.6	4.5	10.0	77	76	92	82	56	94
28	1.5	2.7	1.0	1.7	− 3.5	0.8	4.2	96	96	96	**96**	94	96
29	0.3	5.3	+ 0.5	2.0	− 3.3	+ 0.2	5.8	96	73	95	88	63	96
30	+ 0.1	+ 2.9	0.0	+ **1.0**	− **4.3**	− **0.2**	+ 3.6	95	86	93	91	74	97
Mois	+ 4.05	+ 6.90	+ 4.46	+ 5.14	+ 1.05	+ 3.35	+ 8.18	88	79	90	86		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — JUIN 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} +

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm
1re décade	69.28	69.65	69.93	69.62
2e »	68.24	68.21	68.45	68.30
3e »	65.95	66.03	66.31	66 10
Mois	67.82	67.96	68.23	68.00

Fraction de saturation en %

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade	86	84	89	86
2e »	87	72	90	83
3e »	91	82	92	88
Mois	88	79	90	86

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	o	o	o	o	o
1re décade	+ 4.62	+ 6.45	+ 5.49	+ 5.52	+ 5.51
2e »	4.80	8 57	5.10	6.16	5.89
3e »	2.73	5.68	2.79	3.73	3.50
Mois	+ 4.05	+ 6.90	+ 4.46	+ 5.14	+ 4.97

Dans ce mois l'air a été calme 233 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{47}{38} = 1.24$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	29.8	27.0	82.	106.1
Neige en centimètres....	—	—	—	1

CONTRIBUTION

À

L'ÉTUDE DES TERRES RARES

PAR

Ch. GARNIER

(Première partie)

Après les belles recherches de Marignac, de Delafontaine et de Soret sur les terres rares[1], recherches dont les résultats furent jadis consignés ici-même, ce groupe chimique, il est vrai un peu spécial, n'est cependant plus assez étranger aux lecteurs des *Archives* pour qu'il y ait lieu de le présenter comme un inconnu[2]. Ecrire son histoire, ce serait relater les phases successives par lesquelles, au moyen de patients travaux et de délicates opérations, un grand nombre de savants ont consacré leur vie à essayer de dégager les éléments d'un ensemble confus. Lorsqu'on considère, après environ un siècle, les résultats de l'immense effort qu'ont fourni ces chercheurs, on est porté à en comparer les phases successives aux péripéties d'une guerre de tranchées, où, journellement, continuellement il faut poursuivre la tâche, l'organiser avec méthode et mettre à profit les observations de tous les instants, afin de

[1]) Les principaux travaux de Delafontaine relativement à la découverte d'éléments nouveaux ont paru dans les *Archives*, au cours des annnées 1865 et 1878, ceux de Marignac spécialement durant les années 1878, 1880, 1887.

[2]) Ces pages sont un extrait de «Contribution à l'étude des terres rares et à quelques-unes de leurs propriétés optiques» ; thèse présentée par Ch. Garnier à la Faculté des sciences de l'Université de Fribourg pour obtenir le grade de docteur ès-sciences. Fribourg 1915.

conquérir pas à pas un but qui souvent se dérobe. Les victoires de ces hommes forcent notre admiration, car avec des armes bien honnêtes, forgées par eux-mêmes, ils ont progressé sur un terrain difficile.

Il y a, en effet, une trentaine d'années encore c'était une tâche presque impossible d'aboutir à une séparation convenable des terres rares et surtout d'arriver à isoler l'un ou l'autre de ces oxydes à l'état de pureté. Les matières premières qu'il aurait fallu pouvoir se procurer par trentaines de kilos étaient hors de prix, bien qu'assez répandues, contrairement à ce que leur nom fait supposer. On ne connaissait alors comme source importante de ces terres que les gisements de la presqu'île scandinave, particulièrement les carrières d'Itterby dont les curieux minerais ont stimulé les premières recherches. Mais à partir de 1885, date à laquelle les belles découvertes d'Auer de Welsbach sur les oxydes incandescents donnèrent un débouché industriel aux richesses minérales accumulées dans certaines contrées, on chercha de nouvelles sources, et l'on découvrit les immenses gisements des sables monazités du Brésil. Comme on ne cherchait qu'à en extraire de grosses quantités de cerium et de thorium, les résidus de fabrication contenant encore la majorité des éléments rares — mais inutilisables à l'état confus de mélange où ils se trouvaient — furent livrés généreusement à la science. L'essor qu'a pris la chimie de ce fait s'est manifesté en premier lieu par l'étude systématique des moyens par lesquels un mélange très complexe de terres — comme c'est le cas avec les matières premières — peut être répartis en plusieurs termes simples: on a cherché de nouvelles méthodes de séparation reposant sur des connaissances plus précises des propriétés chimiques et physiques des groupes que ces terres peuvent constituer, connaissances étendues ensuite aux caractères propres des terres élémentaires. On sait que la difficulté de séparer des terres rares réside précisément dans le peu de variété de ces caractères.

En effet, sauf quelques-unes d'entre elles qui, comme le thorium et le zircon, se groupent plutôt en une famille spéciale, ou comme le cerium qui forme un oyyde supérieur et peut ainsi être isolé facilement, les autres ont des propriétés chimiques si

voisines qu'on ne leur connaît aucun réactif spécifique. Toutes ont, par contre, une propriété chimique commune : leurs oxalates sont insolubles dans l'eau.

Elles forment avec le sulfate de potasse des sels doubles, dont la solubilité dans une solution concentrée de ce sel est assez différente non pas d'une terre à l'autre, mais d'un groupe à l'autre. Ce fut Berzelius qui, le premier, se servit de cette particularité pour opérer une séparation des terres rares en groupes : les *terres cériques,* dont les sulfates doubles sont difficilement solubles, et les *terres yttriques* dont les sulfates doubles sont facilement solubles dans le sulfate de potasse concentré. Pour cette raison et aussi pour des raisons d'ordre historique, cette division a été maintenue dans ses grandes lignes. Les terres cériques comprennent : le cerium, le lanthane, le praséodyme, le néodyme et le samarium. Les terres yttriques ont été divisées à leur tour comme suit : groupe du terbium ou des *terbines:* europium, gadolinium, terbium ; groupe de l'erbium ou des *erbines:* dysprosium, holmium, erbium ; groupe *yttrique:* thulium, yttrium, néoytterbium, lutécium, scandium. Cette division n'a d'ailleurs rien d'absolu ; car, par exemple, si l'on faisait se succéder les terres-rares dans leur ordre de basicité, l'yttrium prendrait place entre le néodyme et le samarium. La séparation en groupes par le sulfate de potasse n'est pas non plus rigoureuse, les terbines possédant une solubilité moyenne et selon les proportions relatives des terres cériques ou des terres yttriques les terbines sont entrainées avec les premières, ou restent avec les secondes en solution.

Les méthodes employées dans la séparation des terres rares appartiennent principalement à deux grandes catégories : Par des *précipitations fractionnées* on met à profit les différences résidant, pour un ensemble de terres, dans le caractère électropositif de chacune d'elles, l'ordre dans lequel précipitent les terres au moyen de tel ou tel réactif approprié est donc celui qui grouperait les terres par ordre de basicité. Les procédés les plus anciens se rattachent à ce genre de séparation ; c'est tantôt l'ammoniaque ou un réactif du même genre qui, additionné par petites portions à une dissolution très étendue des terres, sert à amener une séparation à l'état d'hydrates ou

d'oxydes; tantôt c'est à l'état d'oxalates, de chromates, de stéarates, etc., que les terres sont graduellement précipitées. La seconde catégorie des méthodes de séparation comprend les nombreux procédés qui utilisent les différences de solubilité d'un même groupe de sels de terres rares: ce sont les procédés par *cristallisations fractionnées.* Les sels que l'on choisit à cet effet doivent être facilement cristallisables, c'est-à-dire présenter une notable différence de solubilité à froid et à chaud, ils doivent naturellement aussi posséder, pour une même catégorie de sels, une solubilité aussi différente que possible d'une terre à l'autre. Comme sels répondant particulièrement à ces conditions on ne saurait oublier certains sels doubles, en particulier les nitrates doubles d'ammonium, de magnésium, de manganèse, les carbonates doubles, les sulfates doubles, les oxalates doubles, etc. ([1]).

D'autres sels, tels qu'éthylsulfates, formiates, acétylacétonates, nitrobenzène-sulfonates, etc., donnent aussi de bons résultats. Mieux appropriées que les premières, qui reposent sur les différences de basicité souvent très minimes (surtout chez les terres cériques), les méthodes de cristallisation fractionnée permettent généralement d'obtenir, d'une manière plus simple et par une suite répétée de mêmes opérations, une séparation satisfaisante.

Pour isoler une terre rare par la cristallisation fractionnée, un nombre d'opérations très grand est souvent nécessaire; dans la plupart des cas, plusieurs centaines de cristallisations auront pour résultat, par le fait même des fractionnements, de répartir l'élément entre quelques termes dans lesquels il sera prédominant; un certain nombre de termes proches le contiendront en moindre quantité et seront souillés par des terres de solubilité voisine. Ces derniers termes, que l'on nomme fractions intermédiaires, doivent être réduits au minimum dans un fractionnement d'un groupe de terres rares; on le fera par un choix judicieux du sel cristallisable et par les soins qu'on appor-

[1]) Auer de Welsbach s'est servi des nitrates doubles, magnésiums, pour fractionner le didyme en ses constituants, néodyme et praséodyme. *Monatschrift für Chemie*, 1885, **6**, p. 477.

tera aux manipulations. Il faut de plus constater que le rendement est hors de proportion avec le matériel de départ.

Si l'on fractionne un groupe de plusieurs terres, il arrive un moment où la séparation ne progresse plus; il y a une sorte d'arrêt, causé par la formation d'un mélange en proportion convenable de divers sels isomorphes. La cristallisation fractionnée des terres rares conduit donc à des limites comparables à celles que l'on obtient par la distillation fractionnée de certains mélanges organiques, dont le point d'ébullition prend, à un moment donné, une valeur constante. Il est alors nécessaire, si l'on veut continuer la séparation, de changer les proportions du mélange, ce qui peut se faire par l'emploi d'une autre méthode — quitte à reprendre plus loin la première — ou par l'adjonction de certains sels isomorphes([1]) qui, s'intercalant entre deux éléments voisins, diminuent les fractions intermédiaires.

Entre les diverses terres rares, ce sont les terres yttriques qui présentent les plus grandes différences de basicité; mais, ce sont généralement aussi ces mêmes terres qui forment les sels doubles les plus solubles. On aura donc avantage, dans la plupart des cas, à combiner les deux méthodes en commençant par la cristallisation fractionnée des sels doubles, puis, lorsque le fractionnement aura été poussé assez loin, c'est-à-dire, lorsque les eaux-mères refuseront de cristalliser, on pourra traiter ces dernières par une méthode basique; la répartition des terres dans les fractionnements sera de cette sorte modifiée et la première méthode pourra de nouveau être reprise avec profit, après l'élimination de certains groupes de fractions.

En énumérant les moyens de séparer les terres rares on ne saurait passer sous silence certaines méthodes qui, sans rentrer dans l'une ou l'autre des deux catégories ci-haut, font aussi usage des différences de basicité et des différences de solubilité des terres : ce sont les procédés qui consistent soit à faire réagir lesoxydes entre eux, soit à faire digérer ces derniers avec

[1]) Voir Urbain et Lacombe (1904), *C.R.* 138, 1166; *C. Bl.* 1904, II, 85, à propos de l'emploi des nitrates doubles de bismuth dans la purification de l'europium.

une solution de sels ammoniacaux, soit encore à réaliser une séparation par voie sèche: décomposition des chlorures par sublimation fractionnée, des nitrates par fusion ignée. Ces dernières méthodes sont assez délicates et ne sont du reste guère employées que pour une séparation de groupes.

Le choix de telle ou telle méthode dépend de la nature des terres, de leurs proportions relatives et de l'élément qu'on se propose d'obtenir particulièrement à l'état pur. D'accord en cela avec tous les auteurs qui ont étudié et élaboré des méthodes de séparation pour les terres rares j'ai, par de nombreux essais, pû constater qu'on n'arrive jamais par une seule méthode à des produits purs, mais qu'il faut dans la plupart des cas faire alterner les cristallisations fractionnées, avec les précipitations fractionnées. Les unes peuvent cependant être employées de préférence aux autres, suivant le genre des terres que l'on veut traiter; c'est ainsi que les cristallisations fractionnées donnent de très bons résultats avec les terres cériques, dont les sels sont généralement bien cristallisables, et assez différents les uns des autres au point de vue de leur solubilité; par contre les méthodes de basicité réussissent mieux avec les terres yttriques dont les caractères à ce point de vue sont plus marqués d'une terre à l'autre.

Préparation de néodyme pur

L'étude systématique de quelques méthodes chimiques connues et les essais de séparation que j'ai tentés sur un matériel de didyme par des méthodes plutôt physiques (séparation par capillarité, par électrolyse) m'ont convaincu que la préparation à l'état de pureté du néodyme et du praséodyme pouvait se faire le plus facilement au moyen de la cristallisation fractionnée des nistro-benzène-sulfonates[1]. Ayant en vue, pour des recherches ultérieures, l'obtention d'un néodyme très pur,

[1]) Cette méthode due à Holmberg permit à ce dernier de séparer un matériel de didyme en ses éléments après un nombre relativement restreint de cristallisations. O. Holmberg 1907 *z. anorg. Ch.*, 53, **81.**

je me suis adressé à un produit commercial relativement homogène (de la maison Drossbach à Freiberg en Saxe) dont le spectre d'absorption ci-dessous, en solution double normale et examiné sous une épaisseur de 50 mm. ne révélait que de faibles quantités de praséodyme et de samarium.

Spectre d'absorption du CHLORURE DE NÉODYME INITIAL *en solution* $\frac{2}{1}$ *Norm. sous 50 mm. d'épaisseur*

Longueurs d'onde	Intensité	Observations
689,6-680,9	5	décroît vers $\lambda >$.
675,7-671,2	8-5	max. à 675,7.
638,1-634,9	3	
630,0-627,4	3	
624,9	3	
622,4	5	
591,0-567,5	8	floue vers $\lambda <$.
532,4-530,7	3-5	max. à 523,4.
527,2-517,4	3	» 517,4.
514,8-501,6	7	
482,0-478,8	3	faible ; estompée.
476,5-474,0	8	
469,5-467,7	9	nette ; max. 467,7.
467,8-456,0 }		467,8 (Pr) floue.
457,7 }	9	max. de la précédente.
446,3-441,4	2	(Pr) très floue ; moins vers $\lambda >$.
433,7-432,1	5	un peu floue.
427,9-426,5	8	nette.

Ce néodyme fut transformé en sulfonate par dissolution de son oxyde dans l'acide nitrobenzène sulfonique en solution aqueuse. Après avoir concentré jusqu'à apparition d'une mince couche cristalline à la surface du liquide, j'ai laissé cristalliser la solution encore chaude. La première portion de cristaux est essorée et les eaux-mères cristallisées encore cinq fois de la même manière, ce qui se fait facilement si l'on refroidit à 0° la dernière fraction. Les six portions ainsi obtenues furent ensuite soumises à la cristallisation fractionnée selon la méthode décrite par Holmberg [1]. Après environ une centaine de cristallisations,

[1] Holmberg, *loc. cit.*

j'avais obtenu 15 fractions, dont la première, ainsi que les deux dernières, contenaient de trop faibles quantités de terre (quelques décigrammes d'oxyde) pour pouvoir faire une étude comparative des spectres d'absorption. Les 12 fractions restantes ont été transformées en chlorures et examinées sous une épaissur de 200 mm. en solution $\frac{N}{8}$. Comme les différences ne sont pas très marquées d'une fraction à l'autre, je ne donnerai ici que les spectres de toutes les fractions paires.

La bande λ 755—729 est très large et paraît composée; elle présente dans les premières fractions un maximum qui coïncide avec une bande appartenant probablement au praséodyme (731); l'intensité de cette bande va en diminuant dans les fractions de queue, ce qui confirme cette supposition.

La bande λ 688,5 est étroite et extrêmement faible: elle conserve sensiblement la même intensité dans toutes les fractions; elle appartient probablement au néodyme. Forsling l'a trouvée dans le néodyme purifié par Holmberg et lui attribue la longueur d'onde λ 689,5. Les fractions 4 et 5 contiennent une bande étroite, à peine visible λ 637 ou 637,5. Forsling cite pour le néodyme une bande extrêmement faible à λ 636; Muthmann et Rech lui attribuent la cote λ 636,6, Brunner λ 636,8.

FRACTION 2; *solution $^1/_8$ normale; épaisseur 200 mm.*

Longueurs d'onde	Intensité	Observations
755,5-731,5	6	bords plus forts.
688,5	1	étroite.
679,0	3	moyenne.
622,7	1	étroite.
583,5-580,0-570,7	3; 9	diffuse vers le rouge.
531,5	1	très diffuse.
522,0	7	se détache sur fond faible et diffus.
520,0	7	» » » »
513,2-510,7	4	très diffuse.
508,8	3	diffuse.
476,0-473,0	3	»
468,9	4	»
460,5	1	large, nébuleuse.
433,0	1	diffuse, moyenne.
426,5	10	étroite.

FRACTION 4 ; *solution $^1/_8$ normale ; épaisseur 200 mm.*

Longueurs d'onde	Intensité	Observations
755,0-730,7	6	max. dans les bords.
688,8	1	étroite.
678,7	3	assez étroite.
622,5	1	étroite.
583,5-580,0-570,5	2 ; 9	max. à 580 et 570 ; diffuse vers le rouge.
531,5	1	très diffuse.
522,0	8	fond diffus et faible.
520,0	8	» » »
513,2-510,8	4	diffuse.
508,8	3	étroite ; diffuse.
479,5	0	à peine visible ; assez étroite ; diffuse.
476,3-474	4	diffuse.
469,0	5	diffuse ; assez étroite.
461,0	1-2	nébuleuse ; large.
433,0	1	assez large.
426,5	10	étroite.

FRACTION 6 ; *solution $^1/_8$ normale ; épaisseur 200 mm.*

753,0-731,0	5	max. dans les bords.
688,3	1	étroite, diffuse.
678,5	3	assez diffuse.
637,5	0	à peine visible ; étroite.
622,7	1	étroite.
583,3-580,0-570,5	1 ; 9	diffuse vers le rouge ; max. vers 579 et 571,5.
531,8	1	diffuse ; assez étroite.
525,7	1	étroite.
522,0	7	fond légèrement diffus.
520,0	8	» » »
513,2-510,8	4	diffuse.
508,5	3	diffuse ; assez étroite.
479,8	0	assez large ; diffuse.
475,2	3	» » »
468,8	5	assez étroite.
461,0	1-2	large ; diffuse.
432,8	1	assez large.
426,7	10	étroite.

Fraction 8 ; *solution* $^1/_8$ *normale ; épaisseur 200 mm.*

Longueurs d'onde	Intensité	Obs rvations
753,5-730,7	5	max. dans les bords.
688,8	2	étroite.
678,7	3	»
637,5	0	étroite ; à peine visible.
623,0	1	» » »
580,3-570,8	9	estompée vers le rouge ; plus intense dans les bords.
531,8	1-2	diffuse ; assez étroite.
525,0	1	accompagnée de 2 ou 3 autres encore plus faibles.
522,0	8	fond diffus.
520,0	8	» »
513,2 510,5	4	diffuse..
508,8	3	diffuse ; assez étroite.
480,0	0	nébuleuse ; assez large ; à peine visible.
475,3	3	largeur moyenne ; diffuse.
469,0	4	assez étroite ; diffuse.
460,8	1-2	assez large ; nébuleuse.
433,0	1	moins large ; diffuse.
426,8	9	étroite.

Fraction 10 ; *solution* $^1/_8$ *normale ; épaisseur 200 mm.*

752,2-729,0	4	max. vers 731,8.
688,3	2	se rattache à la première par une zone d'absorption.
678,5	3	
637,4	0	étroite ; à peine visible.
623,0	1	étroite.
580,0-570,5	8	estompée vers le rouge.
531,5	1-2	moyenne largeur ; floue.
525,0	1	fine.
523,5 } 527,2-518,3	2	»
521,8	6	»
520,0	6	»
531,2-510,5	3	diffuse.
508,8	2	diffuse ; étroite.
481,0	1	largeur moyenne.
475,0	3	assez large ; diffuse.
468,8	4	assez étroite ; floue.
461,3	1	floue ; assez large.
444,0	1	» » »
432,8	1	» » »
426,7	10	étroite.

FRACTION 12 ; *solution 1/8 normale* ; *épaisseur 200 mm.*

Longueurs d'onde	Intensité	Observations
755,5 - 729,0	4	max. vers 731,8.
688,3	1	étroite.
678,3	3	un peu plus large ; sur fond faible.
672,0	1	extrêmement faible.
622,7	1	étroite.
583,0 - 570,9	8	estompée vers le rouge ; max. dans les bords.
531,5	1	assez étroite.
522,0 }	7	se détachant sur fond diffus.
520,0 }	7	faible vers λ > ; accompagnée de satellites.
512,2	3	paraît composée.
508,8	2	étroite ; floue.
481,2	1	extrêmement faible.
475,0	3	diffuse.
469,0	4	assez étroite ; diffuse.
460,8	1	large ; nébuleuse.
444,0	1	» »
433,0	1	» »
426,7	8	étroite.

La suivante, λ 622,7, également étroite, mais un peu moins faible, paraît être aussi une bande du néodyme.

Il vient ensuite une bande très forte assez large, mais d'intensité très inégale ; elle possède des maxima variant d'une fraction à l'autre, mais plus marquée dans les fractions 3, 4 et 5. Du côté du rouge elle possède une région diffuse, s'étendant approximativement dans les premières fractions de λ 583,5—λ580, mais à peine visible dans la fraction 4. La même bande possède deux maxima très intenses, plus nets dans les fractions moyennes et visibles surtout avec une fente plus large. Ces deux maxima : λ 574,5 et λ 571,5 coïncident avec les bandes λ 575,5, λ 573,5 et λ 571,6 du néodyme, bandes étroites, pouvant être confondues en une seule dans les solutions 1/8 normale, mais se dédoublant d'une manière très nette si l'on étend la solution.

La suivante : λ 531,5, très faible et diffuse, appartient également au néodyme.

Puis vient un groupe de bandes étroites, dont deux fortes du

néodyme : λ 521,8 et λ 520 ; elles se détachent dans les premières fractions sur un fond assez large et diffus ; elles sont, dans les dernières fractions, accompagnées de satellites étroits, très faibles, dont l'un λ 523,5 coïncide avec une bande très forte de l'erbium et l'autre λ 525,7 avec une bande assez forte de l'europium ; cependant, il est assez peu probable que mon néodyme contienne cette terre, l'europium possédant une bande plus forte à λ 465, tandis que je n'ai pu observer aucune trace d'absorption dans cette région-là. Cette bande manque dans le néodyme de Holmberg examiné par Forsling en 1906, mais elle fut répérée par Schottlander (λ 525,7), par Rech-Muthmann (525,4) et par Forsling (λ 525,4) en 1892—1893, ce dernier l'ayant trouvée dans le néodyme préparé par Cleve.

Les deux bandes suivantes λ 513,2—510,7 et λ 508,7 sont toutes deux faibles et diffuses, mais appartiennent au néodyme.

Toutes les fractions, excepté la première, donnent une bande λ 480, de grandeur moyenne, très diffuse et à peine visible. Elle ne paraît pas être dûe au praséodyme, car elle augmente légèrement d'intensité du côté des eaux-mères. Rech et Schottlander la mentionnent et l'attribuent au néodyme.

La bande λ 475 qui vient ensuite coïncide avec une bande du dysprosium ; cette coïncidence est sans doute fortuite, car la bande en question conserve la même intensité dans toute la série des fractions. Schottlander, ainsi que Böhm mentionnent une bande de néodyme de même longueur d'onde ; Rech-Muthmann lui assignant la cote λ 475,4 et Forsling-Holmberg λ 474,8—474,2.

La bande suivante λ 468,9, d'intensité moyenne, est assez étroite mais diffuse ; ici encore il y a coïncidence avec la forte bande du praséodyme λ 468,7 ; les différents auteurs qui ont étudié le spectre du néodyme l'attribuent à cette dernière terre. Cette bande est suivie d'une autre, assez large mais extrêmement faible et diffuse, située approximativement à λ 444 et apparaissant seulement dans la dernière fraction. On trouve également une bande λ 443—441,5 assez forte dans le spectre d'absorption du praséodyme ; mais d'une part, la coïncidence n'est pas très parfaite, et de l'autre, il paraît peu probable que le praséodyme se déplace du côté des queues de fractionnement. Holmberg a fait une étude comparative pour déterminer la

solubilité des sels du praséodyme et du néodyme dans l'acide nitro-benzène-sulfonique: le néodyme est dissout dans la proportion de 46,1 %, tandis que le praséodyme ne l'est que dans la proportion de 33,9 %; le fractionnement doit donc entraîner ce dernier du côté des cristaux. Cette bande ne semble pas non plus appartenir au samarium (λ 433), car dans le spectre de ce dernier se trouve la bande λ 463 plus forte et cependant invisible dans les différentes fractions.

Il reste enfin les bandes λ 433 et 426,6; la première assez large mais très faible, la seconde très forte et étroite, conservant son intensité dans toutes les fractions de la série; toutes deux appartiennent au néodyme.

Les poids atomiques des différentes fractions furent déterminés par la méthode titrimétrique de Krüss modifiée par Wild[1]. Cette méthode consiste à peser environ 0,1 gr. d'oxyde, à le dissoudre dans une solution $\frac{N}{10}$ d'acide sulfurique, puis à précipiter la terre avec une solution parfaitement neutre d'oxalate de potasse. L'acide en excès est titré avec de la soude caustique $\frac{1}{10}$ N en employant la phénolphtaleïne comme indicateur. Cette méthode est beaucoup plus rapide que celle de Bunsen et ne nécessite qu'une pesée; en travaillant avec précaution, si l'on a un peu d'habitude et que la soude caustique est bien privée d'acide carbonique, on arrive en une vingtaine de minutes à faire une détermination.

La plus grande partie du néodyme s'étant accumulée dans les fractions 4,5 et 6, j'ai déterminé par une série de mesures les poids atomiques moyens de ces fractions. Je trouve, pour la quatrième fraction 144,6; pour la cinquième et sixième fraction le même poids atomique: 144,4. Pour les déterminations d'hydrate de néodyme dont il est question dans les pages suivantes, j'ai employé les fractions 5 et 6 comme étant particulièrement mieux débarrassées du praséodyme; tandis que pour l'étude de la phosphorescence dont il sera question dans un prochain article, je me suis servi de la fraction 4 bien exempte de samarium.

[1]) Wild, *Z. anorg. Ch.*, 1904, **38**, 192.

(A suivre.)

NITRATION

DE LA

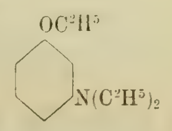
DIÉTHYL-M-PHÉNÉTIDINE

PAR

Frédéric REVERDIN

J'ai parlé dans un précédent mémoire ([1]) de la nitration de la diméthyl-m-phénétidine, en exposant les motifs qui m'ont engagé à faire cette étude; j'indiquerai dans les lignes qui vont suivre les résultats obtenus, dans le même ordre d'idées, avec la diéthyl-m-phénétidine

La *diéthyl-m-phénétidine:*



n'a pas encore été décrite, quoique E. Grimaux ([2]) mentionne une matière colorante rouge obtenue en chauffant cette base avec de l'anhydride phtalique en présence d'acide sulfurique et que bien d'autres auteurs aient eu sans doute l'occasion de la préparer. Je l'ai obtenue, avec la collaboration de Lokietek, par l'action du bromure d'éthyle en léger excès sur la m-phénétidine, en chauffant le mélange de ces deux produits pendant deux heures au bain-marie. La base retirée par le procédé habituel, après avoir éliminé, au moyen d'un traitement à l'anhydride acétique, les produits non complètement trans-

[1]) *Arch. Sc. phys. et nat.,* 1915, t. XL, p. 15.
[2]) *Bull.* 1901, (3), t. 25, p. 215 à 217.

formés, est une huile incolore, brunissant à la longue sous l'influence de l'air et de la lumière, douée d'une odeur caractéristique, miscible en toutes proportions avec l'acide acétique et l'alcool, distillant à 286°.

0.1532 gr. Subst. ont donné 0.4192 gr. CO^2 ; 0.1362 gr. H^2O

Soit trouvé :	C = 74.63 %	Calculé pour $C^{12}H^{19}ON$	C = 74.54 %
	H = 9.94		H = 9.91

Nitration de la diéthyl-m-phénétidine.

D'une manière générale, j'ai obtenu avec cette base les mêmes produits principaux de nitration qu'avec la diméthyl-m-phénétidine, cependant je n'ai pas pu isoler d'une manière bien certaine la *nitrosamine dinitrée*, mais, en revanche, j'ai réussi à préparer le premier produit qui doit prendre naissance pour subir ensuite les transformations habituelles, la dinitro-diéthyl-m-phénétidine.

J'ai donc, suivant les conditions, obtenu dans la nitration de la diéthyl-m-phénétidine la série des combinaisons suivantes :

OC^2H^5, NO^2, $N(C^2H^5)_2$, NO^2

OC^2H^5, NO^2, $N{<}^{C^2H^5}_{H}$, NO^2

OC^2H^5, NO^2, $N{<}^{C^2H^5}_{NO}$, NO^2

(douteux ?)

OC^2H^5, NO^2, $N{<}^{C^2H^5}_{NO^2}$, NO^2

et cette dernière a fourni, par l'action de la potasse caustique en solution alcoolique le *dinitro-4-6-éthylamino-3 phénol 1*.

OH, NO^2, $N{<}^{C^2H^5}_{H}$, NO^2

auquel, je me crois en droit, par le fait de son analogie comme mode de formation et propriétés avec le monométhyl-

amino-3-dinitro-4-6-phénol-1, précédemment décrit [1] et en me basant sur les considérations alors développées, d'attribuer la formule de constitution ci-dessus indiquée.

Il ne semble pas, si l'on considère les diverses transformations de la diméthyl-m-phénétidine et de la diéthyl-m-phénétidine que la substitution des groupes « éthyle » aux groupes « méthyle », liés à l'azote, ait une influence bien caractérisée, mais au point de vue pratique j'ai constaté que dans la nitration du dérivé éthylique on obtient des rendements bien inférieurs à ceux que fournit le dérivé méthylique, il y a formation d'une assez forte proportion de produits huileux secondaires desquels il a été très difficile, sinon impossible, de retirer un produit cristallisé ; j'ai tout lieu de croire que l'huile épaisse que l'on retire généralement des eaux-mères de cristallisation renferme un mélange constitué en grande partie du dérivé nitrosé dont il sera question plus loin.

Tous les produits obtenus dans la nitration de la diéthyl-m-phénétidine fondent à des températures beaucoup plus basses que les dérivés correspondants de la dyméthyl-m-phénétidine.

Je me contenterai d'indiquer dans ce mémoire le meilleur mode de préparation des différents composés obtenus, ainsi que leurs principales propriétés.

Dinitro-4-6-m-phénétidine :

$$\underset{(1)}{C^6H^2 \cdot OC^2H^5} \cdot \underset{(4.6)}{(NO^2)_2} \cdot \underset{(3)}{N(C^2H^5)_2}$$

On a dissous 3 gr. de la base dans 25 cc. d'acide acétique cristallisable et on a ajouté dans cette solution refroidie par un mélange de glace et de sel, 10 cc. d'acide nitrique de D = I.52. La température s'est généralement maintenue par suite de l'élévation provoquée par la réaction vers + 10°, tandis que le mélange solidifié se dissolvait peu à peu. Le liquide fortement coloré en brun, a été coulé dans l'eau glacée, il se forme au début une émulsion jaune grisâtre qui dépose au bout de peu de temps des flocons jaunes. Après filtration et cristallisations répétées dans l'alcool, puis dans le benzène et la ligroine, la

[1]) *Arch. Sc. phys. et nat.*. 1914, t. XXXVIII, p. 410.

nouvelle combinaison est en belles aiguilles jaunes citron ou en prismes de même couleur, f. à 94° (le dérivé correspondant de la série méthylique f, à 172°)

0.1517 gr. Subst. ont donné 19.5 cc. N (19° ; 762 mm.)
Soit trouvé : N = 14.74 % Calculé pour $C^{12}H^{17}O^5N^3$: N = 14.83 %

Ce dérivé fournit par nitration subséquente, en solution dans l'anhydride acétique, au moyen de l'acide nitrique de D = I.52 le *dinitro-4-6-éthylnitramino-3-éthoxybenzène-1.* f. à 112° qui sera décrit plus loin.

Dinitro-4-6-monométhylanino-3-éthoxybenzène-1.

$$C^6H^2 \cdot OC^2H^5 \cdot (NO^2)_2\ NH \cdot C^2H^5$$
(1) (4.6) (3)

On a opéré avec les mêmes proportions que ci-dessus, avec l'acide nitrique de D = I. 4, puis en faisant monter la température en chauffant au bain-marie, jusqu'à dégagement de vapeurs nitreuses (65-70°). Le produit coulé dans l'eau glacée forme un précipité semi-huileux jaune, qui après avoir été repris par l'alcool laisse déposer de jolies aiguilles plates et brillantes, jaune citron, f. à 134° (le dérivé correspondant de la série méthylique f à 210°).

0.1300 gr. Subst. ont donné 18 cc. N (15° ; 754 mm.)
Soit trouvé : N = 16.00 % Calculé pour $C^{10}H^{13}O^5N^3$ N = 16.47 %

Le *dérivé nitrosé* correspondant n'a pu être retiré, d'une manière certaine, du produit de la nitration, mais cependant j'ai réussi à isoler du produit huileux renfermé dans les eaux-mères de la cristallisation, des cristaux presque blancs, f. vers 75°, donnant la réaction de Liebermann et que je suppose être ce dérivé, je l'ai cependant obtenu en trop petite quantité pour pouvoir vérifier par l'analyse l'exactitude de cette supposition (le dérivé correspondant de la série méthylique f. à 113 114°).

Dinitro-4-6-éthylnitramino-3-éthoxybenzène-1.

$$C^6H^2 \cdot OC^2H^5 \cdot (NO^2)_2\ N \cdot C^2H^5 \cdot NO^2$$
(1) (4.6) (3)

Cette combinaison s'obtient le mieux en nitrant la diéthyl-m-phénétidine en solution dans l'anhydride acétique. On a dissous 3 gr. de la base dans 12 cc. d'anhydride et on a introduit peu à peu dans la solution refroidie 10 cc. d'acide nitrique de D=I.52; la température monte facilement et à un moment donné, même en maintenant le produit de la réaction dans le mélange réfrigérant, il y a emballement, élévation rapide de la température jusqu'à 60-70° et dégagement de vapeurs nitreuses. Le produit coulé dans l'eau glacée donne un précipité semi-solide, qui après avoir été repris par l'alcool, puis par le benzène et la ligroine, fournit de jolies aiguilles blanches, donnant la réaction de Liebermann, f. à 112° (le dérivé correspondant de la série méthylique f. à 138°).

0.1474 gr. Subst. ont donné 23.2 cc. N (15°; 755 mm.)
Soit trouvé : N = 18.22 % Calculé pour $C^{10}H^{12}O^{7}N^{4}$ N = 18,66 %

Si, dans cette opération on peut modérer la réaction, de telle sorte qu'il n'y ait pas d'emballement ou qu'il soit très vite réprimé, il se forme un mélange des trois composés décrits précédemment et dans lequel on a pu déceler d'une manière certaine la présence des dérivés f. à 134° et à 112°, on y a également retrouvé le *dérivé nitrosé* douteux.

La nitramine f. à 112° traitée par le phénol à l'ébullition donne par élimination du groupe NO^2 le dinitro-4-6-éthylamino-3-benzène-1 correspondant f. à 134°.

Dinitro-4-6-éthylamino-3-phénol-1.

$$C^6H^2 \cdot OH \cdot (NO^2)_2 NH \cdot C^2H^5$$
(1) (4.6) (3)

Ce composé se forme par élimination du groupe NO^2 et du groupe C^2H^5 de l'« éthoxy » en chauffant la nitramine ci-dessus avec une solution alcoolique de potasse caustique à 10 %; il a été purifié par l'intermédiaire de son sel de barium, peu soluble, cristallisant en jolies aiguilles fines et brunes. La solution de ce sel précipitée par l'acide chlorhydrique laisse déposer la nouvelle combinaison, sous la forme de jolies aiguilles feutrées et jaunes, f. à 128-129° (le dérivé correspondant de la série méthy-

lique f. à 182°). Ce dérivé est soluble dans l'eau bouillante et cristallise très bien de l'acétone ou de l'alcool, additionnés d'eau.

0.1192 gr. Subst. ont donné 19.35 cc. N (20° ; 753 mm.)
Soit trouvé : N = 18.30 % Calculé pour $C^8H^9O^5N^3$ N = 18.50 %

Nous avons indiqué au début les considérations qui nous permettent d'attribuer à ce composé la constitution indiquée ci-dessus.

Laboratoire de chimie organique de l'Université de Genève. — Juin 1915.

LES

CÉVENNES MÉRIDIONALES

(MASSIF DE L'AIGOUAL)

ÉTUDE PHYTOGÉOGRAPHIQUE

PAR

Josias BRAUN

(Suite[1])

LA CHATAIGNERAIE.

Le châtaignier *(Castanea vesca)* est à la fois le plus beau et le plus utile de nos arbres forestiers. Son bois, très apprécié comme bois de charpente et sa richesse en tannin, en font aujourd'hui une importante essence industrielle; vieux et caduc, il vaut encore comme bois de chauffage. Les châtaignes forment une part notable de l'alimentation du paysan cévenol. Les châtaignes de rebut sont données aux porcs; le sanglier n'en est pas moins friand et descend des montagnes en octobre pour prélever sa part. Là où le fourrage manque en hiver, on coupe les jeunes branches de l'arbre vers la fin de l'été et on en fait des meules ou ramassières (rameirou en patois) de trois à quatre mètres de hauteur. Ce sont des dépôts de fourrage pour les moutons pendant les jours de neige. La feuille morte, ramassée avec soin, s'emploie comme litière pour le bétail.

L'importance économique du châtaignier est évidente pour

[1]) Voir *Archives*, 1915, t. XXXIX, p. 72, 167, 247, 339, 415, 508 et t. XL, p. 39.

un pays pauvre en bois et en ressources matérielles. Aussi l'homme a-t-il depuis des longs siècles mis l'arbre en culture et a étendu son domaine jusqu'aux limites extrêmes possibles. Si nous cherchons à fixer cette limite, nous nous apercevons bientôt qu'elle est le plus souvent *purement artificielle,* dépendant intimement de l'économie rurale. En plusieurs points, vers la limite supérieure de son aire, nous avons même la certitude que l'arbre a été planté. Ceci nous aide à comprendre pourquoi le châtaignier s'élève plus haut sur le versant atlantique que dans les vallées méditerranéennes.

LIMITE SUPÉRIEURE DU CHATAIGNIER.

Versant atlantique.

Viala, sur Dourbies, sud-est, 1160 m., 1 arbre stérile.
» » » 1040 m., peuplement.
Les Fons, est, 1120 m., 2 arbres.
Coupiac, sud-ouest, 1050 m., peuplement.
» » 1060 m., arbres isolés.
Resançon, est, 1010 m., peuplement.
Sext-les-Cabanes, sud-est, 960 m., quelques arbres fertiles.
Les Oubrets, ouest, 940 m., arbres isolés.

Versant méditerranéen.

Pentes méridionales de l'Aigoual, sud, 1050 m., arbres isolés, stériles.
Puéchagut, sud, 1.000 m., arbres rabougris et buissons.
Au dessus d'Aumessas, sud, 1.000 m., peuplement.
Versant nord de la Luzette, 960 m., arbre isolé stérile.
Vallon de Villaret sur Berthezène, sud, 920 m., arbres isolés.
Sur Salagosse, vers le Minier, sud-ouest, 870 m., peuplement.

La dépendance de la limite supérieure du châtaignier à l'égard des sites humains ne saurait être méconnue. En des points privilégiés, mais non soumis à l'exploitation et éloignés des habitations comme les cales de Grimal, les vallons de Berthezène et de Mallet, il s'élève beaucoup moins haut qu'aux environs des hameaux, à Coupiac, Viala, etc.

Le rajeunissement de l'arbre se fait le plus souvent par des

rejetons de vieilles souches, rarement par des semis naturels. La croissance est rapide; dès la seconde année les rejetons dépassent la hauteur d'un homme; à cet âge on les greffe.

L'influence de l'homme domine non seulement la répartition altitudinale, mais aussi l'extension horizontale de l'arbre. Sans aucun doute, le chêne blanc (mélangé dans le bas avec le chêne vert) occuperait les terrains calcaires de l'étage moyen si la végétation était abandonnée à elle-même. Dans l'état actuel, cette association climatique est remplacé en plusieurs endroits sur sol calcaire par des châtaigneraies, notamment aux environs du Vigan, à Aumessas et Arrigas dans les terrains précambriens et à Montdardier. Mais l'arbre n'y prospère pas et tout fait croire qu'il ne s'y maintient que grâce à l'homme.

De cette dépendance bien évidente de l'arbre se dégage un problème: le châtaignier est-il indigène, spontané dans le pays, ou a-t-il été introduit par l'homme?

Des preuves directes de son existence antérieure à l'apparition de l'homme nous manquent. Le hêtre a laissé des traces dans le Quaternaire du Languedoc, le châtaignier ne s'y trouve pas, bien que son feuillage dur et ses fruits soient très bien appropriés à la fossilisation. C'est dans le Pliocène moyen seulement qu'apparaît *Castanea atavia,* une forme ancestrale de notre *Castanea vesca* ([1]).

Si vraiment le châtaignier n'était pas indigène, quelles essences auraient pu peupler jadis les surfaces considérables occupées aujourd'hui par cet arbre? Pour résoudre cette question, il faut nous transporter dans les endroits les plus sauvages et les moins accessibles, sites à peu près hors de la portée de la culture. Là, en effet, le châtaignier manque ou du moins il disparaît à de basses altitudes (vallon de Mallet, de Berthezène, etc). Un mélange d'arbres feuillus le remplace. Le *Quercus sessiliflora* et les érables *(Acer opulifolium. A. monspessulanum)* y tiennent la première place; le frêne *(Fraxinus excelsior)* et l'alisier blanc *(Sorbus Aria)* s'y associent. Cet

[1]) Cf. Lauby, l. c. 1911; Boulay, l. c. 1889. Les couches fossilifères de Théziers et Vaquières (Gard) étudiées par l'abbé Boulay, qui renferment *Castanea atavia* Ung., appartiennent au Plaisancien supérieur.

ensemble, accompagné d'un abondant sous-bois, forme la transition entre l'association du chêne vert du bas et la hêtraie. En certains points même, le chêne vert se rencontre avec le hêtre sans transition, par exemple au fond du vallon de Berthezène, versant sud de l'Aigoual. L'étage du châtaignier n'y est pas individualisé; il se confond avec celui du chêne vert. En dehors du domaine du chêne vert, nous rencontrons souvent des peuplements de *Quercus sessiliflora* à la place des châtaigneraies, même sur sol siliceux (ainsi par exemple près d'Aumessas, derrière le château d'Assas, à Caraset-sur-Mallet, 700-800 m., à Sauclières, etc. Leur développement vigoureux et l'aspect souffreteux du châtaignier dans beaucoup de localités où il est négligé font penser que le chêne blanc est ici à sa place naturelle, plutôt que le châtaignier.

Peut-être pourrait-on faire valoir aussi en faveur de l'hypothèse de « l'exotisme relatif » du châtaignier, la façon dont il se comporte à l'égard des parasites. Le châtaignier est très sujet aux maladies parasitaires; elles ont souvent des conséquences désastreuses. Nous faisons allusion ici à la maladie dite de l'encre (malattia dell'inchiostro) dont on ne connaît pas encore la cause avec certitude. Les uns (Petri, l. c. 1912) l'attribuent à un champignon *Pyrenomycète* de l'ordre des *Sphaeriales*, l'*Endothia radicalis*, les autres (Briosi et Farnetti, l. c. 1913) au *Coryneum perniciosum*, parasite du groupe des *Fungi imperfecti (Melanconiales)*. Quoiqu'il en soit, des filaments de mycélium infestent les tissus du bois et provoquent le dépérissement de l'arbre. On nous a affirmé qu'aux environs d'Aumessas et d'Aulas, un très grand nombre de châtaigniers ont succombé à l'attaque du parasite. Voyant leurs arbres périr surtout dans les vallons frais au voisinage des ruisseaux, les habitants s'imaginent que l'eau de la montagne est la cause de la maladie.

Le versant sud des Alpes est un des territoires voisins où la spontanéité du châtaignier est le plus discutée. Des feuilles fossiles, preuves de son existence à l'époque quaternaire, se trouvent dans les terrains interglaciaires de Pianico-Sellere au lac d'Iseo. Mais, chose curieuse, dans les palafittes de l'Italie supérieure, on n'en connait aucune trace certaine (cf. Bettelini,

l. c. 1905). Dans le Tessin méridional, la limite supérieure du châtaignier est un peu plus élevée qu'aux Cévennes, situées pourtant à 2° de latitude plus au sud. C'est le contraire pour presque tous les végétaux méridionaux sûrement indigènes. Dans les taillis de châtaigniers du Tessin méridional, le rouvre existe aussi, parfois en nombre considérable (cf. aussi Bettelini). Il est donc possible que là encore, ce dernier ait été refoulé par le châtaignier, soutenu dans la lutte par l'homme, supportant bien les coupes fréquentes et produisant dès la première année un faisceau de rejetons vigoureux qui tendent à étouffer toute autre végétation.

De tout ce qui précède, nous pouvons conclure que dans les Cévennes et le centre de la France, la spontanéité de *Castanea vesca* est douteuse; certains faits écologiques plaident au contraire en faveur de l'introduction par l'homme de cet arbre aujourd'hui domestiqué (¹).

Les exigences du châtaignier à l'égard du climat sont connues. Il ne craint pas les précipitations fortes et demande une période de végétation prolongée. Les grandes chaleurs de l'été et la sécheresse méditerranéenne ne lui conviennent pas; nous le voyons disparaître à l'approche de la plaine. Planté dans la région montpelliéraine, il s'y maintient péniblement et ne mûrit pas ses fruits. Pendant des périodes de sécheresse extrême, il souffre même sur les pentes inférieures de notre massif; le manque d'eau et la radiation intense provoquent l'effeuillaison prématurée des arbres trop exposés.

La maladie parasitaire du châtaignier et le rendement toujours croissant des pommiers déterminent la transformation de châtaigneraies en vergers, par exemple aux environs d'Aulas, de Serres, de Bréau.

Doit-on considérer la châtaigneraie comme groupement de plantes homogène, ayant les caractères d'une association bien définie ?

Par habitude, on est tenté de regarder *a priori* chaque grou-

¹) Mathieu et Fliche (Math., l. c. 1897), deux forestiers français de haute compétence, se prononçent dans le même sens : « il est fort probable que malgré son abondance... le châtaignier n'est spontané en aucun point de la France ».

pement d'arbres comme une association. C'est un danger. Même dans nos pays il existe des peuplements d'arbres de grande importance physionomique et économique qui ne répondent pas à la définition de l'association, n'ayant ni cortège floristique homogène, ni espèces caractéristiques. Tel est le cas pour notre châtaigneraie, tel encore celui de la forêt de mélèzes des Alpes.

L'essence forestière, dominante par la taille n'est pas nécessairement dominante au point de vue synécologique. D'autres facteurs d'ordre édaphique ou physiographique ou encore le mode d'exploitation, exercent parfois une influence prépondérante sur l'établissement de la végétation du bois. Dès lors, des associations très diverses peuvent s'installer parmi les arbres.

Il en est ainsi dans la forêt de mélèzes *(Larix)* de nos Alpes. Dans cette « formation », on constate les associations les plus diverses, landes à *Sarothamnus, Brometum erecti,* broussailles de *Rhododendron,* de *Vaccinium*, etc., pâturages à *Nardus* et même ébauches de tourbières. Aucun lien d'affinité floristique ne réunit ces groupements hétérogènes, indépendants aussi à l'égard de l'arbre, parce qu'ils continuent à exister après la coupe. *En pareil cas, le sous-bois n'est pas le réactif de l'arbre dominant,* mais *cet arbre n'est alors qu'un élément du tapis végétal,* de l'association qui s'étend à ses pieds.

Il ne convient donc pas de mettre en parallèle un peuplement de *Larix* et des *futaies de hêtres, d'épicea,* etc., où *le caractère d'associations définies* est démontré par un *cortège floristique spécial et homogène.*

Comme les peuplements de *Larix,* la châtaigneraie revêt plutôt le caractère d'une unité purement physionomique. Elle embrasse un ensemble d'associations hétérogènes déterminées en premier lieu par le mode d'exploitation.

A cet égard, une subdivision de l'ensemble des châtaigneraies s'impose en châtaigneraies irriguées (association à *Luzula Forsteri*), châtaigneraies labourées (cultures de céréales), châtaigneraies pâturées (landes à *Sarothamnus* et à *Genista purgans*), association à *Corynephorus canescens,* ainsi que plusieurs types secondaires ou transitoires.

Un seul de ces groupements est cantonné dans les châtaigneraies et manque ailleurs : le *Luzuletum Forsteri.*

18. *Association à* Luzula Forsteri (Luzuletum Forsteri).

(La Châtaigneraie irriguée).

A l'ombre des châtaigniers séculaires s'étend un gazon court et fin, émaillé de fleurs, arrosé par de petits canaux grâce auxquels le Cévenol conduit les eaux des torrents sur ses terres. Ce pré-bois donne une ou deux coupes de foin par an. Sa flore, d'une variété de formes et de couleurs extraordinaire, a des affinités avec celle des prairies à *Arrhenatherum* et à *Agrostis vulgaris.* Elle en diffère cependant par la faible proportion des Glumiflores dans le tapis végétal et la richesse relative en Orchidées, conséquence du manque d'amendements.

Au premier printemps *Luzula Forsteri* forme souvent le fond de la végétation. Elle est accompagnée de *Luzula campestris, Carex verna, C. divulsa, Ficaria verna, Primula officinalis, Ajuga reptans, Galium cruciata,* etc. Mais bien vite l'aspect change et des *Orchidées (Orchis mascula, coriophora, maculata, Ophrys species),* des *Légumineuses, Scophulariacées* et d'autres plantes à fleurs éclatantes impriment à la châtaigneraie printanière ce cachet particulier qui rappelle un jardinet fleuri. Les *Graminées* représentées par les formes les plus grêles *(Anthoxanthum, Cynosurus, Briza media,* etc.) disparaissent pour ainsi dire dans la masse des herbes.

Voici le tableau analytique de neuf relevés pris entre 350 et 1000 m. d'altitude :

N° 1. Mars 350 m. (V. de l'Arre) ; exposition sud, sol Si.

N° 2 et 3. Près Bréau 400 m. (V. de l'Arre) ; est et nord-est, Si.

N° 4. Ravin derrière Lassalle 400 m. (Vallon de Bez), nord, Si.

N° 5. Serres 450 m. (V. de Salagosse) ouest, Si.

N° 6. Bréau 450 m. (V. de l'Arre), est, Si.

N° 7. Derrière Arrigas 520 m. (V. de l'Arre), sud-est, Ca.

N° 8. Dourbies 880 m. (V. de la Dourbie), ouest, Si.

N° 9. Au-dessus d'Aumessas 1000 m. (V. de l'Arre), sud-est, Si.

Le nombre moyen des espèces phanérogames dans l'association est de 41, chiffre assez élevé (arrhénathéraie 33, hêtraie 27). Aucune espèce ne prédomine d'une manière nette. Cette hétérogénéité de la flore, témoignage de conditions stationnelles très diverses, résulte avant tout de la répartition inégale de la lumière. Elle est d'autant plus accusée que les châtaigneraies ne reçoivent pas d'engrais.

Le spectre biologique se compose de la manière suivante :

1 Phanérophyte *(Castanea)*
2 Chaméphytes.
29 Hémicryptophytes.
12 Géophytes.
5 Thérophytes.

C'est une association à Hémicryptophytes et Géophytes. Au point de vue des formes biologiques, elle a des affinités avec la hêtraie, tout en étant floristiquement bien différente. Les Chaméphytes et Thérophytes apparaissent en petit nombre comme dans tous les groupements soumis au fauchage régulier.

La plupart des compagnes de l'arrhénatheraie se rencontrent aussi parfois dans l'association à *Luzula Forsteri;* quelques-unes y sont mêmes fréquentes *(Anthoxanthum, Cynosurus cristatus. Plantago lanceolata, Rumex Acetosa, Trifolium pratense, repens, Lychnis Flos cuculi,* etc.). Seules quelques espèces comme *Arrhenatherum elatius, Linum angustifolium, Medicago maculata, Sonchus oleraceus* ne se hasardent pas à l'ombre des châtaigniers. Au contraire beaucoup d'éléments de l'association à *Luzula Forsteri* manquent complètement dans l'arrhénathéraie qui constitue d'ailleurs un des groupements les plus exclusifs. Certains hémiparasites *(Rhinanthus, Euphrasia)* et parasites *(Orobanche)* prennent un développement surprenant dans les châtaigneraies irriguées. L'*Orobanche minor*, parasite sur les racines des trèfles, n'est nulle part aussi abondant ; il y acquiert la valeur d'une caractéristique de deuxième ordre. Plusieurs végétaux répandus dans l'étage du hêtre (*Lathyrus montanus, Viola silvatica, V. Riviniana, Phyteuma spicatum, Primula elatior, Veronica officinalis,* etc.) descendent à l'ombre des châtaigneraies jusque dans les vallées méditerranéennes. *Orchis mascula* et *maculata* que nous avons classés parmi les caracté-

	NUMÉRO DU RELEVÉ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ALTITUDE M. S. M.	350	400	400	400	450	450	520	880	1000
	a) *Caractéristiques de 1er et 2e ordre*									
G	Colchicum neapolitanum	+	+	2	+	+	...	+	...	...
G	Orchis mascula	+	...	...	+	+	+	...	...	...
G	— coriophora	+	...	...	...	...	...	+	+	+
G	Ophrys apifera	...	...	...	...	...	...	...	...	...
G	Orchis maculata	...	...	...	+	+	...	+	...	...
T	Euphrasia pectinata	+	...	...	...	+	...	...	+	+
T	Rhinanthus minor	+	2	3	...	+	+	+	+	+
H	Luzula Forsteri	+	+	3-4	4-5	6	+	+	+	...
G	Orobanche minor	+	...	...	...	...	+	+	...	...
H	Primula officinalis	+	+	2	2	+	...	...	+	+
	b) *Constantes*									
P	Castanea vesca	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H	Anthoxanthum odoratum	+	+	+	2	6	5	+	2	+
H	Cynosurus cristatus	+	+	2	...	3	+	+	2	+
H	Briza media	+	+	...	...	+	...	2	2	+
T	Gaudinia fragilis	...	+	2	...	...	2	+	...	+
H	Holcus lanatus	+	...	..	...	+	...	+	2	+
H	Luzula campestris	...	+	+	+	+	+	...	+	+
G	Carex verna	+	+	...	+	...	+	...	+	+
G	Conopodium denudatum	+	+	+	+	+	2	+	+	+
T	Vicia angustifolia	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H	Trifolium pratense	...	+	+	+	+	+	+	+	+
H	Plantago lanceolata	+	+	+	+	+	+	+	+	...
H	Leucanthemum vulgare	+	+	+	+	+	+	...	+	+
G	Ornithogalum umbellatum	+	+	+	...	+	+	...	+	+
H	Ranunculus acer	+	+	+	+	+	...	...	+	..
H	Vicia sepium	...	+	+	+	+	+	. .	+	...
H	Trifolium repens	+	+	+	...	...	+	+	+	...
G	Listera ovata	...	+	2	+	+	...	+	+	...
H	Rumex Acetosa	...	+	+	...	+	+	+	+	...
H	Galium cruciata	+	+	+	...	+	+	...	+	...
G	Ficaria verna	+	+	...	+	...	+	...	+	...
Ch	Cerastium triviale	...	+	...	...	+	+	...	+	+
Ch	Veronica Chamædrys	+	+	...	...	+	+	...	+	...
H	Polygala vulgaris	+	+	...	...	+	...	+	...	+
H	Ajuga reptans	+	+	+	+	+	...	...	...	...
H	Lychnis Flos cuculi	...	+	+	...	+	+	...	+	...
T	Trifolium campestre	+	...	...	...	...	+	+	+	+
H	Hypochœris radicata	...	...	...	+	...	+	+	+	+
	c) *Espèces accessoires principales*									
H	Phyteuma spicatum	...	...	...	...	+	...	+	+	+
H	Carex divulsa	+	+	+	...	...	+	...	...	...
H	Centaurea Jacea	+	...	...	+	+	...	+	...	...
H	Carex silvatica	+	+	...	+	+	...	...	...	...
H	Taraxacum officinale	+	...	...	...	+	+	...	...	+
H	Leontodon hispidus	...	...	...	...	+	...	+	+	+
H	Silene vulgaris	+	...	+	...	...	...	+	+	...
H	Anthriscus silvestris	+	+	...	+	...	...	...	+	...
H	Lathyrus pratensis	+	+	...	...	...	...	+	...	+
H	Medicago lupulina	...	...	+	+	...	...	+	...	+
G	Poa pratensis	...	...	+	+	...	+	+	...	...
	d) *Espèces accessoires et accidentelles*	12	8	6	9	7	8	16	17	16
	NOMBRE TOTAL DES ESPÈCES	46	41	33	34	41	37	45	51	42

ristiques, ne le sont que dans l'étage même du châtaigner. Sous le climat du hêtre leurs exigences à l'égard de la station ont changé.

L'association à *Luzula Forsteri* n'ayant pas encore été décrite, nous pouvons pas encore en généraliser la notion au point de vue de la synécologie géographique. Quant aux peuplements de châtaigniers, en général, ils présentent partout où nous les avons rencontrés, le même caractère hétérogène, indéfini. (Voir aussi landes à *Sarothamnus* et *Corynephoretum).*

19. *Association à* Arrhenatherum elatius.

(Arrhenatheretum, Arrhénathéraie).

Les magnifiques prairies des vallées cévenoles, doivent entièrement leur existence à l'amendement et surtout à l'irrigation ; leur entretien réclame des soins incessants. Mais les efforts du paysan cévenol sont récompensés par des récoltes abondantes ; dans les parties inférieures on fauche trois fois et le regain est encore assez abondant pour être pâturé à l'automne.

Le traitement méthodique par le fauchage, l'arrosage, l'amendement, dirigé depuis de longs siècles vers un même but : augmentation de la récolte en fourrage, a fait de nos prairies artificielles, par l'équilibre permanent des conditions externes, un type d'association d'une homogénéité floristique et écologique extrême.

L'espèce dominante est presque invariablement l'*Arrhenatherum elatius,* le Fromental des agronomes, plante fourragère de tout premier ordre.

Bien qu'il ait été introduit avec succès même dans les prairies subalpines de la Suisse, l'association bien développée n'y dépasse guère 1000 m. Il en est de même dans les Cévennes ; au-dessus de 950 m. environ, elle est remplacée partout par la prairie à *Agrostis vulgaris.*

Toutes les prairies de l'étage inférieur soumises à un traitement régulier et constant appartiennent au même type ; de légères modifications locales proviennent presque toujours d'un traitement différent, amendement ou irrigation moins réguliers.

Des facteurs ambiants, l'irrigation est sans doute le plus important. Sans irrigation pas de foin ; cette affirmation s'applique surtout aux vallées de climat méditerranéen. Aussi l'utilisation des eaux y est-elle parfaite. Les travaux patients et souvent ingénieux pour assurer l'arrosage d'une petite parcelle de terre : barrages, bassins cimentés, canaux d'irrigation entretenus avec beaucoup de soin, frappent tous ceux qui visitent ce pays pour la première fois. Beaucoup de prés des vallées de l'Arre et de l'Hérault sont irrigués à peu près constamment et dans la mesure, parfaitement appréciée, où cette opération peut contribuer à accroître le rendement.

L'importance économique de ce groupement de plantes nous décide à lui consacrer une étude plus détaillée que nous ne le faisons pour d'autres associations. La connaissance floristique approfondie de l'arrhénathéraie facilite de beaucoup la reconstitution de prairies artificielles. Elle permet de choisir sans tâtonnements coûteux les plus convenables parmi les graines fournies par le commerce, c'est-à-dire celles dont le maintien dans la prairie est assuré par l'ordre naturel. En outre elle nous renseigne sur la possibilité d'introduire de nouvelles espèces dans des contrées de climat semblable.

Le tableau analytique ci-dessous se compose des vingt-et-un relevés suivants :

N° 1. Pont d'Hérault 185 m., replat alluvial.

N° 2. Le Vigan 230 m., plaine alluviale.

N° 3. Cavaillac 250 m., » »

N° 4. Près le Mas Rugnèr 300 m., replat alluv., sol calcaire.

N° 5. Aumessas, au-dessus du village 450 m., expos. sud-est, Si.

N° 6. Esparron 580 m., expos. sud-est, Si, replat.

N° 7. Meyrueis 700 m., prairie un peu ombragée, Ca.

N° 8. Les Monts, vallée du Trévézel 920 m., expos. nord, Si.

N° 9. Dourbies 900 m., Si.

N° 10. Puéchagut sur Arphy 1000 m., pré ombragé par quelques arbres, Si.

N° 11. Pont d'Hérault 190 m., terrain alluvial.

N° 12. Le Rey 220 m., expos. nord-ouest, Si.

N° 13. Le Mazel (V. de l'Hérault) 300 m., expos. nord-est, Si.

N° 14. Mars 350 m., expos. sud-est, Si.

N° 15. Serres 400 m., replat alluvial.

N° 16 et 17. Plan près Bréau 300 m., petite plaine alluviale.

N° 18. Au-dessus d'Arrigas 500 m., expos. sud-ouest, Ca.

N° 19. Au-dessus d'Arrigas 550 m., expos. sud est, Ca.

N° 20. Château de Roquedols près Meyrueis 730 m., bordure alluv. de la rivière.

N° 21. Dourbies, au-dessous du village 850 m., alluv., Si.

Le tableau montre nettement la prédominance des Graminées dans nos prairies. Les chaumes élancés de l'*Arrhenatherum* dominent. Partout où le ruissellement des eaux d'arrosage mouille constamment la terre, *Holcus lanatus* forme des colonies denses et presque pures. La valeur nutritive de cette espèce est inférieure à celle de l'*Arrhenatherum*. *Dactylis glomerata, Anthoxanthum odoratum* et *Trisetum flavescens* ne manquent pour ainsi dire jamais, sans toutefois atteindre une forte proportion dans les prés. Les *Bromus mollis* et *Poa trivialis* qui parfois se trouvent en assez grande quantité, devraient pouvoir être remplacés par d'autres espèces plus rémunératrices comme *Dactylis* ou *Festuca pratensis*. Quoique plus nombreuses en espèces, les Dicotylédones disparaissent dans la masse compacte des Graminées, aussi ont-elles relativement peu d'importance économique. Cependant une Légumineuse annuelle, *Medicago maculata,* se développe dans les prairies du versant méditerranéen avec une exubérance remarquable.

Les relevés du tableau ci-dessus ont tous été pris avant la première coupe des foins, au moment du développement maximum des prairies. Dans la seconde coupe, les Graminées, surtout l'*Arrhenatherum,* repoussent vigoureusement sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, mais la floraison est peu abondante. Le tapis vert presque continu n'est entrecoupé çà et là que par quelques fleurs de Légumineuses *(Trifolium pratense, T. repens, Lotus uliginosus),* de Composées *(Centaurea Jacea, Leucanthemum vulgare, Leontodon hispidus),* d'Ombellifères *(Daucus Carota, Anthriscus silvestris),* etc. La seconde coupe se fait au mois d'août, une troisième peut être effectuée dans les vallées de l'Arre et de l'Hérault en septembre.

Dans l'aspect saisonnier de l'association, on distingue facile-

Association à Arrhenatherum elatius.

		PRAIRIES A DÉCOUVERT										VERGERS										
		VALLÉES MÉDITERRANÉENNES						ETAGE MOYEN ET VERSANT NORD				VALLÉES MÉDITERRANÉENNES									VERSANT NORD	
	NUMERO DU RELEVÉ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	ALTITUDE M. S. M.	185	230	250	300	450	580	700	920	900	1000	190	220	300	350	400	300	300	500	550	730	850
	a) *Caractéristiques de 1er et 2e ordre*																					
T	Gaudinia fragilis	...	3	...	2	3	+	...	...	...	...	2	2	...	...	2	3	+	+	+	...	...
H	Festuca pratensis	2	...	...	2	3	...	+	...	+	...	+	+	...	+	2	+	...	+	+	+	+
T	Linum angustifolium	+	+	+	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	+	...	...	...	...	...
H	Tragopogon pratensis	...	+	+	+	...	+	+	...	+	...	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H	Anthriscus silvestris	...	...	...	...	...	+	+	+	...	+	...	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
G	Colchicum autumnale	...	...	...	+	+	...	...	...	+	...	...	...	...	...	...	...	+	+	+	...	...
H	Rumex Acetosa	...	+	...	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
H	Lychnis Flos cuculi	+	+	+	+	+	+	...	+	...	...	+	+	+	+	+	+	+	...	...	+	..
H	Arrhenatherum elatius	6	5	7	5	3	7	9	7	3	7	8	2	3	2	2-4	8	8	8	1-6	1-3	5
H	Holcus lanatus	2-3	5	3	3	4	2	+	...	1-4	4	2	2	6	2-3	3-4	4	3	3	1-8	+	+
T	Bromus mollis	+	+	2	2	...	+	+	4-5	1-8	...	+	+	+	...	2-3	2	+	+	..	+	+
H	Trisetum flavescens	2	+	...	2	3	2	+	2	2	+	+	3	...	3	2	...	...	+	+	+	...
H	Lolium perenne	+	+	+	2	...	+	...	2	2	+	...	+	+	5	...	...	...	+	...	...	+
T	Medicago maculata	+	...	5	...	+	+	...	...	...	...	...	...	...	+	+	3	3	...	...	...	...
H	Crepis taraxacifolia (*et* biennis ?)	+	+	+	+	+	+	+	...	...	...	+	+	+	+	+	2	+	+	+	...	...
	b) *Constantes essentielles*																					
H	Ranunculus acer	+	+	2	2	+	+	+	+	...	+	+	+	+	+	2	+	+	+	+	+	2
H	Lathyrus pratensis	...	...	+	+	+	+	+	...	...	+	+	+	+	...	+	+	+	...	+	+	..
H	Taraxacum officinale	+	+	+	...	+	+	+	+	+	+	...	...	+	+	...	...	+	+	...	+	...
H	Cynosurus cristatus	...	+	...	2	2	+	...	...	+	...	2	3	+	+	...	...	...	+	+	+	...
G	Poa pratensis	...	...	+	...	+	+	+	+	+	+	...	+	...	+	+	...	...	+	...	+	...
H	— trivialis	...	+	2	2	...	..	...	+	+	...	...	...	+	+	2	+	+	...	+	+	...

H	Viola odorata	+	...	+	...	+	+	+	...	...	...	+	+	...	+	+	...	+	...	+	+	...
T	Vicia angustifolia	+	...	+	...	+	...	+	...	+	+	+	+	...	+	...	+	+	...	...	...	...
H	Bellis perennis	...	+	...	+	+	+	+	...	...	...	...	...	...	+	+	...	+	+	+	...	...
	c) *Constantes ubiquistes*																					
H	Trifolium pratense	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	+	+	+	+	+	+	+	+	2
H	Dactylis glomerata	+	+	2	+	+	2	2	2	2	+	+	...	+	2	+	2	2	+	+	+	+
H	Trifolium repens	+	+	+	+	+	+	...	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H	Leucanthemum vulgare	+	+	+	+	...	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
H	Anthoxanthum odoratum	+	+	...	...	+	+	+	4	3	+	+	+	+	...	+	+	+	+	+	+	2
H	Plantago lanceolata	+	+	+	+	+	+	+	+	+	...	+	+	...	+	+	+	+	+	+	+	...
Ch	Cerastium triviale	+	+	...	+	...	+	...	+	+	+	...	+	+	+	+	+	+	+	+	...	+
H	Hypochœris radicata	+	+	+	+	+	+	...	...	+	...	+	+	...	+	+	+	+	...	+	...	...
H	Galium Mollugo	+	+	...	+	+	+	...	...	...	...	+	+	...	+	+	+	+	+	+	+	...
H	Crepis virens	+	...	...	+	+	...	...	...	...	+	+	+	+	+	+	+	+	...	...	...	...
	d) *Espèces accessoires*																					
G	Ficaria verna	...	...	...	+	...	...	...	...	...	...	+	...	...	+	+	...	+	+	+	+	+
H	Medicago lupulina	+	...	+	+	+	...	...	...	+	...	...	+	...	+	+	...	+	...	...	...	...
H	Rumex obtusifolius	...	...	+	+	+	...	...	...	...	...	...	...	+	+	+	...	...	...	+	...	+
H	Ajuga reptans	...	...	...	+	+	...	...	+	...	...	...	...	...	...	+	+	+	...	...	+	...
H	Silene vulgaris	+	...	...	...	...	...	...	...	+	+	...	+	...	+	+	+	+	...	...	...	...
T	Bromus sterilis	...	...	+	...	...	+	+	...	...	+	...	...	...	...	+	...	+	...	...	...	+
Ch.	Veronica Chamædrys	...	...	...	...	+	+	...	+	...	+	...	+	...	+	+	...	...	...	...	...	...
T	Trifolium campestre	+	+	...	...	...	...	...	...	+	...	+	2	+	...	...	...	+	...	...	...	...
H	Daucus Carota	+	+	+	+	...	...	+	...	...	...	...	+	...	...	...	...	+	...	...	...	...
T	Sonchus oleraceus	...	...	...	+	+	+	...	...	...	...	...	...	...	...	+	+	+	...	...	...	...
H	Leontodon hispidus	...	...	...	...	+	+	...	+	...	...	...	...	...	...	...	...	...	+	+	...	...
H	Heracleum Lecoqii	...	...	...	+	...	...	...	...	...	...	...	+	+	...	...	...	...	...	...	+	+
T	Geranium dissectum	...	...	+	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	+	+	1–2	+	...	...	...	...
H	Agrostis vulgaris	+	...	...	...	+	...	...	...	...	+	+	+	...	...	...	...	...	...	...	...	...
H	Centaurea Jacea	+	...	...	+	+	...	...	...	...	...	+	+	...	...	...	...	...	...	...	...	...
H	Bromus erectus	...	...	...	...	...	+	...	...	...	+	...	+	...	...	...	...	...	...	+	...	...
	e) *Espèces* ± *accidentelles*	4	3	1	3	5	3	4	6	3	10	4	7	3	4	5	7	6	2	1	11	8
	NOMBRE TOTAL DES ESPÈCES	34	30	28	37	39	36	27	27	28	33	32	43	27	38	42	37	37	29	30	37	27

ment trois phases de physionomie différente. La première est caractérisée par des espèces à évolution printanière rapide, de petite taille : *Viola odorata, Ajuga reptans, Bellis perennis, Luzula campestris, Carex verna, Ficaria verna* et *var.* et *Anthoxanthum odoratum.* La seconde phase correspond au maximum de développement, immédiatement avant la première coupe. L'apparition du *Colchicum autumnale,* vivant aux dépens des matières nutritives accumulées dans les organes souterrains, caractérise la troisième phase.

La composition floristique des vergers et des prairies ouvertes à tous les rayons solaires diffère peu ; l'explication de ce fait nous est donné par le mode de culture des arbres fruitiers. Dans les prairies, on cultive presque exclusivement des pommiers qu'on ne laisse pas devenir vieux à cause du rendement faible des vieux arbres. Aussi sont-ils plantés assez espacés et les rayons lumineux directs touchent le sol. Pourtant un groupement différent des éléments est à constater au voisinage et autour des arbres. *Bromus sterilis,* mauvaise herbe fourragère, qui ne craint pas l'ombre, devient parfois dominant. *Poa trivialis, Ficaria verna* et *var., Viola odorata, Anthriscus silvestris, Ajuga reptans, Primula officinalis* recherchent de préférence cette station et la protection qu'elle accorde aux végétaux, protection facilitant l'assimilation régulière et diminuant la transpiration pendant le premier printemps, époque de leur épanouissement.

Ce groupement (sous-association) produit un foin de qualité médiocre. Il serait bon de labourer ces parties peu productives et d'y semer les *Dactylis glomerata, Lolium perenne, Festuca pratensis,* Graminées qui se développent très bien à l'ombre.

Dans les pays où les vergers sont peuplés de vieux arbres, dont les branches entrelacées donnent une ombre plus épaisse, cette sous-association acquiert un caractère plus accusé par la présence de nombreux Géophytes. Elle constitue alors en quelque sorte une transition entre la prairie à *Arrhenatherum* et la futaie de hêtre, qui présente certaines conditions écologiques similaires. Ainsi, dans la Suisse orientale, on rencontre dans les vergers beaucoup de Géophytes du cortège habituel de la hêtraie comme *Allium ursinum, Scilla bifolia, Corydalis cava,*

Anemone nemorosa, Leucojum vernum, Arum maculatum, Gagea lutea, Adoxa Moschatellina. Les conditions biologiques de cette station et surtout la répartition différente de la lumière par rapport à la végétation sous les arbres ont été l'objet d'un travail remarquable de MM. Stebler et Volkart (l. c. 1905).

Voici le spectre biologique de l'association à *Arrhenatherum* :

	Sur le versant méditerranéen	Sur le versant atlantique
Chaméphytes	2 = 4 %	2 = 4,5 %
Hémicryptophytes .	36 = 72 %	35 = 79,5 %
Géophytes	3 = 6 %	3 = 7,0 %
Thérophytes	9 = 18 %	4 = 9,0 %

De toutes les associations de l'étage inférieur, l'*arrhenathéraie* compte la plus forte proportion d'Hémicryptophytes. Leur prédominance numérique caractérise au premier chef la végétation de l'Europe boréale et moyenne. Plus on approche des pays méditerranéens, plus d'autres formes biologiques, surtout les Thérophytes, prennent le dessus. La flore du département de l'Hérault ne compte pas moins de 43 % de végétaux annuels (Flahault, l. c. 1893). Par ses Hémicryptophytes prépondérants, notre arrhénathéraie constitue, au point de vue des formes biologiques, une enclave de type boréal dans la végétation méditerranéenne, enclave qui s'explique par la nature particulière du climat local (cf. p. 55), par l'abondance d'humidité et la fraîcheur de la station. Comme l'aulnaie, elle est en même temps une enclave au point de vue floristique. Bon nombre d'espèces répandues dans les prés des vallées cévenoles y atteignent leur limite extrême vers le sud. Telles sont : *Rumex obtusifolius, Heracleum Lecoqii, Crepis biennis, Rumex sanguineus.* D'autres s'avancent dans la plaine languedocienne, mais y sont très rares et apparaissent comme des irradiations du nord (*Rumex Acetosa, Lychnis Flos cuculi, Anthriscus silvestris, Ajuga reptans, Leontodon hispidus, Colchicum autumnale, Salvia pratensis, Lotus uliginosus,* etc.).

Le fauchage favorise encore les Hémicryptophytes, tandis qu'il est défavorable aux Thérophytes. Ces derniers sont d'ailleurs aussi exclus par la concurrence des hautes herbes péren-

nantes, avantagées dans la lutte pour la place et pour la lumière.

Il y a cependant une différence visible entre le nombre de Thérophytes dans l'arrhénathéraie de notre versant atlantique et le versant méditerranéen. Ici nous comptons 9 Thérophytes (= 18 %), là seulement 4 (= 9 %). Deux *(Gaudinia fragilis* et *Medicago maculata)* prennent même une large place dans les prairies de nos vallées méridionales. Ce petit détail traduit nettement l'influence du climat local sur la répartition des formes biologiques. Les deux Chaméphytes *(Veronica Chamaedrys* et *Cerastium triviale)* se comportent dans notre association comme des Hémicryptophytes, parmi lesquels on pourrait les ranger. Dans ces conditions, l'arrhénathéraie manquerait complètement de Chaméphytes aussi bien que de Phanérophytes. La coupe répétée détruit invariablement les jeunes individus qui auraient pu y germer. Les Géophytes des prés, soit printaniers (*Ficaria, Ornithogalum,* etc.), soit automnales *(Colchicum),* sont sans valeur nutritive; plusieurs d'entre eux contiennent même des substances toxiques.

Partout, l'association à *Arrhenatherum* revêt une composition floristique et une physionomie semblables. L'irrigation, l'amendement et le fauchage interviennent comme facteurs égalisateurs de premier ordre et il serait souvent difficile de distinguer un relevé de l'arrhénathéraie de notre versant atlantique d'un autre, pris dans la Suisse septentrionale.

Pour ne pas employer comme terme de comparaison un de nos propres relevés, nous donnons ici la liste d'une arrhénathéraie fournie par M. Roth (l. c. 1913), provenant de Murg, 460 m. (canton de Saint-Gall).

Dominant : *Arrhenatherum elatius.*

Très fréquents : *Holcus lanatus, Dactylis glomerata, Lolium perenne, Bellis perennis.*

Moins fréquents : *Crepis biennis, Tragopogon pratensis, Rumex Acetosa, Anthoxanthum odoratum, Leucanthemum vulgare, Trifolium pratense, T. repens, Poa trivialis, P. pratensis, Taraxacum officinale, Ranunculus acer, Cerastium triviale, Veronica Chamaedrys, Leontodon autumnalis,* * *Cardamine pratensis,* * *Myosotis palustris.*

Epars : *Anthriscus silvestris, Lychnis Flos cuculi, Plantago lanceolata, Galium Mollugo, *Avena pubescens, *Heracleum Sphondylium, *Pimpinella magna.*

Sauf cinq (marquées d'un astérisque) toutes ces espèces se rencontrent aussi dans l'arrhénathéraie des Cévennes, séparés pourtant par plus de 450 kilomètres. *Cardamine pratensis* et *Pimpinella magna* ne manquent pas dans les Cévennes, mais elles sont localisées dans l'étage supérieur et dans d'autres associations. L'*Heracleum Sphondylium* y est remplacé par l'endémique *H. Lecoqii.*

Aux environs de Villach, en Carinthie, à 350 km. encore plus à l'est, la composition floristique de l'arrhénathéraie n'a guère changé (cf. la liste donnée par M. Scharfetter, l. c. 1911, p. 38). C'est partout la « race » de l'Europe centrale, montrant seulement de légères « modifications » locales.

Il en est autrement pour la région méditerranéenne ou l'arrhénathéraie revêt un type bien distinct. La race méditerranéenne, dont nous avons donné quelques exemples (cf. p. 145 et 146) possède en propre *Narcissus Tazetta, Orchis laxiflora* (plus au nord dans les prairies marécageuses seulement) *Narcissus poeticus,* etc.; les *Linum angustifolium, Gaudinia fragilis, Medicago maculata* et *Bromus erectus* y abondent. Nous rattachons à cette race les prairies à *Arrhenatherum* de notre versant méditerranéen, tandis que celles du versant atlantique appartiennent entièrement à la race de l'Europe centrale.

Dans les basses vallées, presque toute la terre irrigable est dès longtemps mise en valeur, on a donc peu d'occasions d'observer l'évolution, l'ontogenèse de l'arrhénathéraie. En général, l'homme intervient, tout d'abord en créant par semis une prairie artificielle (peuplements purs d'une ou de plusieurs Graminées, si les graines proviennent du commerce; peuplements mixtes, semblables à l'association définie, si l'on se sert de déchets du foin récolté dans le pays). L'équilibre entre ces peuplements artificiels et les facteurs externes ne tarde pas à s'établir; une partie de ce qui a été semé disparaît et fait place à d'autres espèces. La végétation se modifie peu à peu pour former finalement une prairie de port et de composition floristique habituels.

M. Groupe d'associations des basses tourbières. (eurasiatiques).

Eriophoretum, Caricetum Goodenovii, Juncetum silvatici.

Ces trois associations — basses tourbières (Flachmoore) — dépendent avant tout de la présence de l'eau tellurique. *Eriophoretum* et *Caricetum Goodenovii,* situés exclusivement sur l'étage supérieur, participent largement à la formation des « molières » ; ils occupent les bas fonds à eau stagnante souvent acide. Le *Juncetum* descend dans les vallées ; il préfère les sols inclinés où l'eau s'écoule : les abords des sources fraîches, les prairies gorgées d'eau.

20. *Eriophoretum.*

C'est la prairie marécageuse la plus humide, dont le sol est presque constamment inondé. Apparaissant dès 1000 m., nulle part nous ne l'avons vu aussi bien développé que dans le vallon de Bonheur entre 1150 et 1230 m. d'altitude. Le sol y est un humus acide de faible profondeur ; il ne se dessèche jamais complètement. Nous y avons fait le relevé suivant :

Caractéristiques.

*G *Carum verticillatum*	*H *Glyceria fluitans*
*H *Juncus supinus*	*H *Ranunculus Flammula*
*G *Menyanthes trifoliata*	*T *Pedicularis palustris*

*G *Eriophorum angustifolium*

Constantes et accessoires.

H Valeriana dioica	*T Epilobium palustre*
H Galium palustre	*G Orchis Traunsteineri*
H Caltha palustris	*H Myosotis palustris*
G Carex Goodenovii	*H Parnassia palustris*
G — panicea	*H Viola palustris*
H — stellulata	*H Juncus squarrosus*
H Scorzonera humilis	*H Cardamine pratensis*

H Nardus stricta

L'élément essentiellement hygrophile (¹) est représenté dans cette liste par des végétaux aquatiques facultatifs, pouvant vivre dans l'eau aussi bien que sur le sol asséché. Si le terrain perd un peu de son humidité les *Carex,* surtout *C. Goodenovii,* s'introduisent et avec lui ou après lui le *Nardus stricta,* espèce très xérophile, fournissant un exemple remarquable d'élasticité écologique.

La végétation des petits fossés à écoulement lent qui traversent les molières, peut être considérée comme *sous-association* de l'*Eriophoretum.* Elle se compose de végétaux flottants comme *Carum verticillatum, Juncus supinus, Ranunculus Flammula,* etc. *Veronica scutellata* y est fréquente ; plus rare est le *Helodes palustris* qui atteint ici et dans les montagnes de la Lozère sa limite extrême vers le sud-est.

21. *Caricetum Goodenovii.*

Si par l'accumulation de matières organiques le niveau du sol s'élève peu à peu, l'*Eriophoretum* peut se transformer en une prairie humide à *Carex Goodenovii.* Cette espèce domine dans toutes les dépressions et sur les replats humides où l'eau s'écoule difficilement, entre 1100 et 1500 m.

Voici le tableau analytique de sept relevés pris dans les localités suivantes :

N° 1. Bonheur 1150 m., peuplements étendus.
N° 2. Vallon supérieur de la Jonte 1230 m.
N° 3. Piélong 1250 m.
N° 4. Valat de la Dauphine 1300 m.
N° 5. Plateau de Montals 1300 m.
N° 6. Près de Grandesc-Haute 1320 m.
N° 7. Source de l'Hérault 1350 m.

Carex Goodenovii domine toujours de beaucoup ; *Carex stellulata* est abondant. Voici le spectre biologique :

17 Hémicryptophytes.
3 Géophytes.
2 Thérophytes.

¹) Espèces marquées d'un astérisque.

Caricetum Goodenovii.

		1	2	3	4	5	6	7
	NUMERO DU RELEVÉ	1	2	3	4	5	6	7
	ALTITUDE M. S. M.	1150	1230	1250	1300	1300	1320	1350
	a) *Caractéristiques de 1er et 2e ordre*							
G	Juncus filiformis	+	....	+	...	...	....	...
H	Carex canescens	+	....	...	...	...	+	...
G	— Goodenovii	8-9	8-10	8	8	10	8-10	8
H	— stellulata	3	+	+	3	+	+	...
H	Cardamine pratensis	+	....	...	...	+	....	+
T	Trifolium spadiceum	+	+	+	+	...	....	+
H	Galium palustre	...	+	+	+	+	+	+
	b) *Constantes*							
H	Anthoxanthum odoratum	+	+	+	+	+	+	+
H	Caltha palustris	+	+	+	+	+	+	+
H	Luzula campestris	+	+	+	+	+	+	+
H	Festuca rubra	2	+	+	+	...	+	+
H	Nardus stricta	+	....	2-4	+	+	+	+
H	Viola palustris	...	+	+	+	+	+	+
H	Potentilla Tormentilla	...	....	...	+	+	+	+
H	Cirsium palustre	...	+	...	+	+	....	+
G	Eriophorum species	+	+	...	2	+	....	...
	c) *Espèces accessoires*							
H	Ranunculus acer	...	....	...	+	+	....	+
T	Rhinanthus minor	...	+	+	+	...	....	...
H	Epilobium palustre	...	....	...	+	...	+	...
H	Scorzonera humilis	+	....	+	...	+	....	...
H	Myosotis palustris	...	....	...	+	...	....	+
H	Pedicularis silvatica	...	....	+	+	...	....	...
	d) *Espèces ± accidentelles*	3	2	4	3	6	4	2

Il ressemble à celui de l'*Eriophoretum*. Pourtant les Géophytes sont moins fréquents ; ils ne se développent pas bien dans le gazon serré du *Carex* dominant. La végétation du *Caricetum Goodenovii* est tardive. Elle commence au mois de mai avec les *Scorzonera humilis, Orchis Traunsteineri, Pedicularis silvatica* qui élèvent leurs inflorescences au milieu du gazon brun encore, trempé d'eau. Un peu plus tard *Viola palustris, Ranunculus acer, Myosotis palustris* apparaissent ; mais c'est en juillet seulement qu'a lieu le plein développement.

La croissance du *Carex Goodenovii* a pour effet d'élever le niveau du sol qui perd peu à peu son humidité. *Nardus stricta*

s'en empare alors de plus en plus; le *Nardetum* s'établit à la place du *Caricetum* pour être supplanté plus tard lui-même par le *Callunetum*.

Sur la zone marginale des basses tourbières on a parfois l'occasion d'observer le cycle entier de ces successions. Il commence par la transformation de l'*Eriophoretum* en *Caricetum*, qui est remplacé par le *Nardetum*, puis en *Callunetum* et enfin, si l'évolution n'est pas interrompue, par la futaie de hêtre, association primitive climatique.

L'assainissement des basses tourbières aboutirait souvent à la constitution de prairies à *Agrostis vulgaris*. Quelques prairies du vallon de Bonheur en donnent un témoignage encourageant.

22. *Juncetum silvatici*.

La troisième forme de la basse tourbière est réalisée dans la prairie marécageuse à *Juncus silvaticus*, qui franchit l'étage du hêtre, descendant jusqu'à 600 m. environ. Sa composition floristique la relie étroitement à l'association précédente, tout en présentant quelques particularités (voir le tableau).

Nos relevés ont été pris dans les localités suivantes :

N° 1. Connillergues 780 m.
N° 2. La Boissière 980 m.
N° 3. Les Fons 1100 m.
N° 4. Baraque neuve à Bonheur 1200 m.
N° 5. Col du Lingas, versant sud, 1220 m.
N° 6. Grand Aigoual 1520 m., sud.

Le spectre biologique diffère peu de celui du *Caricetum Goodenovii*. Il compte :

16 Hémicryptophytes.
4 Géophytes.
1 Thérophyte.

Comme dans les deux associations affines, l'espèce sociale dominante est un Géophyte à souche traçante. Le *Juncetum silvatici* très répandu dans les terrains siliceux manque sur sol calcaire et évite les sols acides à eau stagnante des bas fonds.

Juncetum silvatici.

NUMÉRO DU RELEVÉ ALTITUDE M. S. M.	1 780	2 980	3 1100	4 1200	5 1220	6 1520
a) *Caractéristiques de 1er et 2e ordre*						
G Juncus silvaticus	8	5-7	8	9	7-9	6-8
T Isolepis setacea	+	+	...	...	...	...
H Lotus uliginosus	+	+	+	...	+	+
H Galium uliginosum	...	...	...	+	...	...
b) *Constantes*						
H Holcus lanatus	+	+	2	+	+	...
H Potentilla Tormentillaa	+	...	+	+	+	+
G Carex Goodenovii	...	+	...	+	+	2
H — stellulata	...	+	+	...	+	+
G Orchis Traunsteineri	...	+	...	+	+	+
H Parnassia palustris	...	+	...	+	+	+
H Anthoxanthum odoratum	...	...	+	+	...	+
H Briza media	...	+	+	+	...	...
H Carex leporina	...	...	+	+	+	...
H Caltha palustris	...	...	+	...	+	+
H Viola palustris	...	...	...	+	+	+
H Galium palustre	...	...	+	+	+	...
H Cirsium palustre	+	...	+	+	...	...
c) *Espèces accessoires*						
H Cynosurus cristatus	+	+	...	...	...	...
H Juncus effusus	+	...	...	...	...	+
G Carex panicea	...	+	...	...	...	+
H Scorzonera humilis	...	...	+	+	...	...

N. Groupe d'associations des hautes tourbières.

23. *Sphagnetum typicum.*

(Tourbière bombée).

Sur la péneplaine granitique, aux sources des rivières dont l'écoulement est en général très lent, s'étendent des terrains gorgés d'eau, dépourvus de végétation arborescente et couverts de sphaignes et de Cyperacées. C'est ce que le Cévenol entend sous le nom de « molières ».

Les molières comprennent au point de vue phytogéographique des associations diverses qu'on peut diviser en deux

séries d'après leur origine : les tourbières bombées, supra-aquatiques (Hochmoore) et les basses tourbières, infra-aquatiques (tourbières vertes, Flachmoore) décrites ci-dessus.

De petites vasques d'eau stagnante, plus ou moins envahies par des mousses *(Chiloscyphus polyanthus* v. *fragilis, Fontinalis antipyretica* v. *alpestris, Sphagnum auriculatum),* des *Carex* et d'autres plantes aquatiques font penser qu'il y avait là jadis des nappes d'eau plus considérables, recouvertes aujourd'hui par la végétation. La configuration de nos molières au Lingas, à Montals, à Grandesc-Haute, etc., semble confirmer cette pensée. D'autre part, de hautes tourbières se forment aussi sur les pentes faiblement inclinées, humides et à sol imperméable. La plupart de nos sphagnaies appartiennent à cette seconde catégorie; elles retiennent les eaux en partie et modèrent l'activité des torrents. Cette considération a fait hésiter les forestiers reboiseurs à les « assainir » par dessèchement.

Les hautes tourbières confinées dans les climats humides, tempérés ou froids, atteignent dans les Cévennes leur limite extrême vers le sud. Les derniers avant-postes vers les basses montagnes du Languedoc couvrent les plateaux de Montals et du Lingas. Ici cette association boréale touche presque les peuplements de chêne vert qui escaladent les flancs de la montagne. La répartition verticale des hautes tourbières varie entre 1100 m. (Les Fons, sur le versant de la Lozère) et 1400 m (entre Grandesc-Haute et les Pises).

Si nous parlons ici de hautes tourbières, il ne faut d'ailleurs pas s'attendre à des groupements homogènes et étendus de sphaignes, comme on les rencontre par exemple dans le Jura les Vosges, les Préalpes suisses. Ce sont plutôt des affleurements de la haute tourbière (Hochmooranflüge) émergeant çà et là de la basse tourbière (Flachmoor). Aussi la plupart des végétaux si caractéristiques pour le *Sphagnetum typicum* du Centre et du Jura *(Saxifraga Hirculus, Betula nana, Andromeda, Oxycoccus, Carex pauciflora, C. chordorrhiza, C. Heleonastes,* etc.*)* y font défaut. Pourtant quelques bonnes caractéristiques se sont avancées jusqu'à l'Aigoual :

Eriophorum vaginatum, parmi les *Sphagnum acutifolium* et *cymbifolium,* à Montals et au Lingas.

Lycopodium inundatum, parmi les sphaignes et sur sol noir tourbeux à Montals, au Trévézel, au Lingas, à la Baraqueneuve, entre Grandesc-Haute et les Pises.

Salix repens, mêmes stations aux Fons, 1100 m., à Bonheur, au Trévézel, à Ginestous.

Dans l'édification des coussins de sphaignes, le rôle prépondérant appartient au *Sphagnum acutifolium; Sph. cymbifolium* est moins abondant, *Sph. molluscum,* de petite taille, est peu répandu. *Sphagnum auriculatum,* espèce hydrophile, prépare l'invasion des autres sphaignes dans les dépressions remplies d'eau.

Les *Drosera rotundifolia, Viola palustris, Pedicularis silvatica, Polygala serpyllacea* habitent de préférence les peuplements de *Sphagnum* sans toutefois y être liées. Elles s'avancent vers le sud-ouest jusqu'à la montagne de l'Espinouze. Citons encore *Thesium pratense,* grande rareté, localisé dans la tourbière des Fons, 1100 m. et près de Prunaret; il ne se retrouve pas plus au sud.

Dans les coussins de sphaignes, les Phanérogames sont éparses et leurs fleurs, peu apparentes, n'altèrent pas la physionomie sombre et monotone de la haute tourbière.

Voici, à titre d'exemple, quelques relevés de nos vestiges de cette association :

1. *Sphagnetum,* aux Fons (Lozère), 1100 m.

	10	*Sphagnum* spec. div.	*H*	*Thesium pratense*
Ch	2	*Salix repens*	*H*	*Scorzonera humilis*
Ch	2	*Genista anglica*	*H*	*Pedicularis silvatica*
H	1-2	*Drosera rotundifolia*	*H*	*Carex stellulata*
Ch		*Salix aurita*	*H*	*Potentilla Tormentilla*
Ch		*Calluna vulgaris*	*G*	*Orchis Traunsteineri*
Ch		*Vaccinium Myrtillus*	*H*	*Parnassia palustris*
H		*Viola palustris*	*H*	*Arnica montana*
H		*Polygala serpyllacea*	*G*	*Carex Goodenovii*

2. *Sphagnetum,* à Montals, 1300 m.

	10	*Sphagnum* spec. div.	*H*	*Juncus squarrosus*
H	2	*Eriophorum vaginatum*	*H*	*Carex stellulata*
H		*Lycopodium inundatum*	*H*	— *Œderi*

H	*Drosera rotundifolia*	*G*	*Carex Goodenovii*
H	*Polygala serpyllacea*	*H*	*Parnassia palustris*
H	*Viola palustris*	*H*	*Molinia cærulea*

H *Potentilla Tormentilla*

Le faible développement de nos sphagnaies ne permet pas de déductions écologiques générales.

Les stades intermédiaires et consécutifs sont bien plus fréquents que la sphagnaie typique; stades intermédiaires entre le bas et le haut marais, consécutifs si la sphagnaie est envahie par d'autres mousses, par des Graminées *(Nardus, Deschampsia flexuosa)* ou des bruyères. Des stades intermédiaires résultent aussi quelquefois de l'assainissement du marais. Tel est, par exemple, le cas dans une partie de la molière de Montals que l'administration forestière cherche à reboiser.

A la suite du drainage, les sphaignes ne pouvant plus retenir l'eau atmosphérique commencent à dépérir.

Aulacomium palustre et *Polytrichum strictum* s'établissent dans les coussins des *Sphagnum acutifolium* et *cymbifolium* et gagnent vite du terrain.

Quelques végétaux phanérogames prennent une extension considérable *(Genista anglica, Calluna, Juncus squarrosus, Carex Goodenovii* et surtout *Molinia cærulea)*. Le sol meuble, léger, pauvre en sels minéraux, mais riche en matières organiques, favorise l'invasion de certaines espèces sociales à longues souches traçantes comme *Achillea pyrenaica, Polygonum Bistorta, Carex Goodenovii* qui parfois s'établissent en colonies denses de plusieurs mètres carrés. *Gentiana Pneumonanthe* se plait de préférence dans ces parties du marais en voie de dessèchement. Le stade final, couronnant l'œuvre d'assainissement s'observe dans la partie supérieure (sud) de la molière de Montals : c'est le *Deschampsietum flexuosi,* susceptible dès lors d'être reboisé.

(A suivre.)

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1914

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

I. Introduction

L'année 1914 n'a pas été beaucoup meilleure, au point de vue climatologique, que les deux précédentes. Sa température moyenne a même été plus basse, donc un peu inférieure à la normale, mais cela tient surtout à ce que l'hiver a été à peu près normal tandis qu'il avait été trop chaud en 1913 et surtout en 1912. L'amplitude annuelle est assez forte, grâce à un mois de janvier froid. Mais ce qui fait ressembler 1914 aux deux années qui la précèdent c'est son été froid ; cela lui maintient le caractère de médiocrité qui convenait aussi aux deux autres.

Au point de vue de l'humidité, l'année est pluvieuse, plus même que 1912 et 1913, mais beaucoup moins que 1910 d'humide mémoire ; et c'est au printemps et en été que la pluie a surtout été abondante, tandis que l'automne a été sec, contrairement au caractère général du climat de Genève. Notons encore que l'été a été nuageux, et que la durée d'insolation a, de ce fait, été faible ; nous aurons ainsi donné une idée d'ensemble de ce qu'a été l'année 1914 ; l'examen des tableaux suivants fournira des détails plus complets sur les caractères climatologiques qu'elle a présentés.

Il n'y a à signaler, cette année, aucun changement, ni dans la publication des tableaux météorologiques mensuels, ni dans celle du résumé annuel. Tous les tableaux de celui-ci contiennent *treize* mois, de décembre 1913 à décembre 1914, afin que les moyennes annuelles correspondent à la fois à l'*année météorologique* et à l'*année civile.* Seul le tableau V, fournissant les températures de cinq en cinq jours à Genève, n'est établi que pour l'année civile.

L'ordre des matières traitées dans ce résumé reste le même que dans ceux qui l'ont précédé. Après quelques indications de portée générale, les différents éléments météorologiques sont passés en revue dans l'ordre accoutumé : *température, pression atmosphérique, humidité de l'air, vent, pluie* et *neige*, *nébulosité* et *durée d'insolation*, cette dernière pour Genève seulement.

A l'*observatoire de Genève*, les observations météorologiques directes se font toujours de trois en trois heures, à partir de 7 h. du matin et jusqu'à 10 h. du soir. Les instruments enregistreurs fournissent en outre les valeurs de la plupart des éléments météorologiques à 1 h. et à 4 h. du matin. Les moyennes diurnes de ces éléments-là reposent donc sur *huit* observations trihoraires. L'observation supplémentaire de 9 h. du soir a été utilisée, avec celles de 7 h. du matin et de 1 h. du soir, pour obtenir des moyennes spéciales de la température qui soient directement comparables à celles du *Grand Saint-Bernard*, où les observations ne se font plus qu'à ces trois heures-là depuis 1902, comme dans toutes les autres stations de la Suisse.

Les *valeurs normales* des différents éléments météorologiques sont empruntées, pour *Genève,* aux « Nouvelles études sur le climat de Genève », d'Émile Plantamour, où étaient utilisées toutes les observations faites jusqu'en 1875. Pour le *Grand Saint-Bernard*, les valeurs normales sont fournies par les moyennes des 27 années, 1841-1867, calculées aussi par Plantamour.

Les tableaux mensuels des observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève et au Grand Saint-Bernard et publiés dans les *Archives* sont établis chaque mois à l'observatoire par M. Jules Marmet ; les tableaux de ce résumé-ci ont été préparés par M. Ernest Rod.

I. Température. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1913.	+ 0.90	+ 0.36	+ 0.58	+ 1.95	+ 3.88	+ 3.29	+ 2.26	+ 1.31	+ 1.82	- 1.50	+ 4.90
Janv. 1914	- 3.71	- 3.80	- 3.86	- 2.90	- 1.35	- 1.43	- 2.35	- 3.16	- 2.82	- 5.66	- 0.50
Février . .	+ 0.93	+ 0.51	+ 0.61	+ 2.41	+ 5.12	+ 5.01	+ 3.29	+ 2.23	+ 2.51	- 0.75	+ 5.91
Mars . . .	4.46	3.99	4.27	7.04	9.42	8.70	6.91	5.52	6.29	+ 2.31	10.58
Avril . . .	7.90	6.63	7.87	11.74	14.15	14.69	12.55	10.54	10.76	5.47	16.21
Mai	9.74	8.78	10.27	12.61	14.49	14.64	13.40	11.49	11.93	7.70	16.31
Juin. . . .	12.50	11.22	13.72	16.61	19.41	19.70	17.62	14.69	15.68	10.19	21.48
Juillet. . .	14.81	13.62	15.86	18.45	20.23	20.28	18.26	16.16	17.21	12.30	22.31
Août . . .	14.78	14 00	15.49	18.88	20.77	21.52	19.51	16.71	17.71	12.59	23.12
Septembre	12.53	11.89	12.36	16.06	18.39	18.07	15.29	13.19	14.72	10.29	19.92
Octobre . .	7.52	6.73	6.73	10.45	12.47	12.32	10.30	8.47	9.37	5.33	13.65
Novembre	3.65	3.39	3.12	4.93	6.78	6.00	4.73	3.90	4.56	1.55	7.53
Décembre.	+ 3.89	+ 3.84	+ 3.34	4.97	6.98	5.78	4.44	3.82	4.63	+ 1.17	8.36
Hiver . . .	- 0.68	- 1.03	- 0.94	0.42	2.47	2.20	0.99	0.06	0.44	- 2.70	3.36
Printemps	+ 7.36	+ 6.46	+ 7.47	10.45	12.67	12.66	10.94	9.17	9.65	+ 5.16	14.34
Été	14.05	12.97	15.04	17.99	20.15	20.51	18.47	15.86	16.88	11.71	22.32
Automne .	7.89	7.33	7.40	10.48	12.55	12.13	10.11	8.52	9.55	5.72	13.70
Année mét.	7.20	6.47	7.29	9.88	12.01	11.93	10.18	8.45	9.17	5.01	13.48
» civile	7.45	6.77	7.52	10.14	12.27	12.14	10.36	8.66	9.41	5.24	13.78

Les observations ont toutes été faites à l'HEURE LOCALE, seule indiquée. Pour la transformer en temps moyen de l'Europe centrale, il faut ajouter 35 minutes aux instants des observations de Genève et 30 minutes pour le Grand Saint-Bernard.

II. Température

Les résultats généraux des observations thermométriques sont consignés dans dix tableaux de chiffres groupés sous cinq rubriques différentes :

1° *Moyennes générales de la température — Écarts*

Le *tableau I* fournit, pour *Genève,* toutes les valeurs moyennes des températures de trois en trois heures à partir de 1 h. du matin, puis les *températures moyennes des mois, des saisons et de l'année* (météorologique et civile), moyennes des huit moyen-

II. Température. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
Décembre 1913	+ 0.58	+ 3.88	+ 1.60	+ 2.02	+ 1.91
Janvier 1914	- 3.86	- 1.35	- 2.81	- 2.67	- 2.71
Février	+ 0.61	+ 5.12	+ 2.47	+ 2.73	+ 2.67
Mars	4.27	9.42	6.09	6.59	6.46
Avril	7.87	14.15	11.13	11.05	11.07
Mai	10.27	14.49	11.95	12.24	12.17
Juin	13.72	19.41	15.50	16.21	16.03
Juillet	15.86	20.23	16.73	17.61	17.39
Août	15.49	20.77	17.51	17.92	17.82
Septembre	12.36	18.39	13.73	14.83	14.55
Octobre	6.73	12.47	9.03	9.41	9.31
Novembre	3.12	6.78	4.15	4.68	4.55
Décembre	+ 3.34	6.98	4.06	4.79	4.61
Hiver	- 0.94	2.47	0.35	0.63	0.56
Printemps	+ 7.47	12.67	9.71	9.95	9.89
Eté	15.04	20.15	16.59	17.26	17.09
Automne	7.40	12.55	8.97	9.64	9.47
Année météorolog.	7.29	12.01	8.95	9.42	9.30
» civile	7.52	12.27	9.16	9.65	9.53

nes trihoraires, enfin les *minima* et les *maxima* moyens. Les températures des heures de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ont été relevées, comme précédemment, sur les diagrammes du thermographe Richard, grand modèle, qui a bien fonctionné toute l'année.

Le *tableau II* pour *Genève* et le *tableau III* pour le *Grand Saint-Bernard* donnent les valeurs moyennes des températures des différentes périodes pour les trois observations de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir, puis les températures moyennes des mêmes périodes calculées sur les deux formules employées par l'institut central météorologique suisse : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes; *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 h. du soir. Ce sont, du reste, ces dernières moyennes qui ont servi pour la comparaisons des deux stations. Le tableau III contient en outre les *minima* et les *maxima* moyens pour la station du Grand Saint-Bernard.

III. — Température. SAINT-BERNARD, 1914.

PÉRIODE	7. h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1913.	- 7.92	- 6.29	- 7.75	- 7.32	- 7.43	-10.2	- 5.1
Janv. 1914	-10.31	- 8.37	- 9.62	- 9.43	- 9 48	-12.1	- 7.2
Février . .	- 6.30	- 3.62	- 5.71	- 5.21	- 5.34	- 7.5	- 3.0
Mars . . .	- 7.75	- 4.29	- 6 89	- 6.31	- 6.45	- 9.1	- 3.1
Avril . . .	- 2.07	+ 1.50	- 1.81	- 0.79	- 1.05	- 3.3	+ 3.0
Mai. . . .	- 1.42	2.69	- 1.14	+ 0.04	- 0.25	- 2.8	4.3
Juin . . .	+ 1.45	5.63	+ 1.65	2.91	+ 2.60	+ 0.5	6.7
Juillet. . .	3.25	6.14	3.45	4.28	4.07	1.9	7.4
Août . . .	5.18	8.82	6.26	6.75	6.63	4.3	10.0
Septembre	+ 2.21	5.17	+ 2.57	+ 3.32	+ 3 13	+ 0.6	6.2
Octobre. .	- 2.14	+ 0.67	- 1.41	- 0.96	- 1.07	- 2.9	+ 1.7
Novembre	- 7.00	- 4.95	- 6.39	- 6.11	- 6 18	- 8.7	- 3.6
Décembre	- 7.95	- 6.45	- 7.64	- 7.35	- 7.42	- 9.4	- 5.1
Hiver. . .	- 8.24	- 6.18	- 7.76	- 7.39	- 7 48	-10.02	-5 19
Printemps	- 3.77	- 0 05	- 3.29	- 2.37	- 2.60	- 5.08	+1.39
Été	+ 3.32	+ 6.87	+ 3.81	+ 4.67	+ 4.45	+ 2.23	+8.07
Automne .	- 2.31	+ 0.30	- 1.74	- 1 25	- 1.37	- 3 64	+1.44
Ann. mét.	- 2 72	+ 0 27	- 2.22	- 1.56	- 1.72	-4.10	+1.46
» civile	- 2.72	+ 0 26	- 2.21	- 1.56	- 1.72	-4.03	+1.46

Le *tableau IV* donne les *écarts* entre les températures moyennes des différentes périodes et les valeurs normales. Pour *Genève*, il y a deux séries d'écarts, correspondant l'une aux températures du tableau I et l'autre à celles du tableau II calculées par la deuxième formule. La dernière colonne du tableau IV donne la différence entre les écarts de Genève et du Grand Saint-Bernard, écarts correspondant aux températures calculées d'après cette même formule.

Comme je le disais au début, 1914 a été un peu trop froid, dans l'ensemble, à Genève, contrairement à 1913 et 1912 qui, grâce à leurs hivers trop chauds, dépassaient un peu la normale annuelle, sutout 1913. Au Grand Saint-Bernard, l'hiver a été moins froid et l'année est tout à fait normale. Aux deux stations l'été est de nouveau trop froid comme pour les deux années précédentes. L'automne aussi est au-dessous de la normale, surtout au Saint-Bernard. Seul parmi les saisons, le printemps est sensiblement trop chaud à cause de mars et d'avril.

IV. ÉCARTS AVEC LES TEMPÉRATURES NORMALES, 1914.

PÉRIODE	Genève		Grand St-Bernard	Différence entre les deux stations
	Moyenne des 8 obs.	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	
	°	°	°	°
Décembre 1913..	+ 1.02	+ 1.11	+ 0.16	+ 0.95
Janvier 1914	- 2.74	- 2.63	- 0.44	- 2.19
Février.........	+ 0.91	+ 1.07	+ 3.27	- 2.20
Mars...........	+ 1.69	+ 1.86	+ 0.87	+ 0.99
Avril	+ 1.79	+ 2.10	+ 2.22	- 0.12
Mai............	- 1.27	- 1.03	- 0.76	- 0.27
Juin	- 1.13	- 0.78	- 1.49	+ 0.71
Juillet..........	- 1.60	- 1.42	- 2.09	+ 0.67
Août...........	- 0.20	- 0.09	+ 0.65	- 0.74
Septembre......	+ 0.06	- 0.11	- 0.19	+ 0.08
Octobre.........	- 0.51	- 0.57	- 0.59	+ 0.02
Novembre	+ 0.01	0.00	- 0.88	+ 0.88
Décembre.......	+ 3.83	+ 3.81	+ 0.17	+ 3.64
Hiver	- 0.31	- 0.19	+ 0.92	- 1.11
Printemps......	+ 0.73	+ 0.97	+ 0.76	+ 0.21
Eté	- 0.97	- 0.76	- 0.97	+ 0.21
Automne	- 0.15	- 0.23	- 0.55	+ 0.32
Année météorol.	- 0.18	- 0.05	+ 0.04	- 0.09
» civile....	+ 0.06	+ 0.18	+ 0.04	+ 0.14

Les anomalies mensuelles les plus remarquables sont : à *Genève,* en excédent, celles de mars, avril et décembre 1914 ; en déficit, celles de janvier et de juillet ; au *Grand Saint-Bernard,* en plus celles de février et d'avril et, en moins, celles de juin et juillet.

L'amplitude annuelle est de 20°,53 à Genève et se calcule sur les mois d'août et de janvier. Elle est de 16°,11 au Saint-Bernard calculée sur les températures des mêmes mois. Elle est supérieure à la moyenne aux deux stations.

La différence entre l'*année civile* et l'*année météorologique* n'est sensible qu'à Genève, décembre 1914 ayant été beaucoup plus chaud que décembre 1913 et sa température de presque 4° supérieure à la normale.

2° *Température de cinq en cinq jours à Genève*

Le *tableau V* fournit les températures moyennes par *pentades* et, comme précédemment, pour l'*année civile* seule, du 1er janvier au 31 décembre 1914. A côté des températures figure l'*écart* avec les températures calculées d'après la formule déduite par Plantamour de l'étude des cinquante années de 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse la limite de l'écart probable calculé et constitue ainsi une *anomalie*, le chiffre de l'écart est mis entre parenthèses dans le tableau.

Sur les 73 pentades de l'année, il y en a 36 qui présentent un écart de température positif et 37 qui présentent un écart négatif. Les premières se rencontrent surtout dans les mois de février à avril et de fin octobre à décembre ; les autres en janvier puis de mai à août. Si l'on se borne aux 43 pentades dont l'écart de température dépasse la limite probable, il y a 22 écarts positifs et 21 négatifs, répartis d'ailleurs de la même façon. L'année civile ne présente donc aucun excédent ni déficit de température sensible, ce que nous avons déjà constaté plus haut.

Les plus longues périodes de chaleur relative ne comprennent, cette année, que 7 pentades : elles vont du 10 février au 16 mars, puis du 27 novembre au 31 décembre. Les plus longues périodes de froid relatif sont encore moins longues : elles

V. Température de 5 en 5 jours. GENÈVE, 1914.

Date	Tempé-rature moyen.	Diffé-rence avec la nor-male	Date	Tempé-rature moyen.	Diffé-rence avec la nor-male
	°	°		°	°
1- 5 Janvier	-3.17	(-2.91)	30- 4 Juillet	+18.60	+0.32
6-10 id.	+0 22	+0.54	5- 9 id.	15.81	(-2.73)
11-15 id.	-3.58	(-3.28)	10-14 id.	20.83	(+2.10)
16-20 id.	-4.30	(-4.10)	15-19 id.	18.03	-0.82
21-25 id.	-3.14	(-3.11)	20-24 id.	17.40	-1.50
26-30 id.	-2.64	(-2.85)	25-29 id.	14.34	(-4.53)
31- 4 Février	-4.14	(-4.65)	30- 3 Août	17.36	-1.41
5- 9 id.	-2.69	(-3.56)	4- 8 id.	16.36	(-2.23)
10-14 id.	+3.03	+1.75	9-13 id.	20.47	(+2.12)
15-19 id.	7.10	(+5.36)	14-18 id.	17.66	-0.37
20-24 id.	6.14	(+3.91)	19-23 id.	15 81	(-1.84)
25- 1 Mars	4.99	(+2.23)	24-28 id.	17.13	-0 08
2- 6 Mars	4.99	+1.67	29- 2 Septemb.	18.60	(+1.90)
7-11 id.	8.89	(+4.99)	3- 7 id.	19.00	(+2.87)
12-16 id.	8.01	(+3.50)	8-12 id.	17.21	(+1 69)
17-21 id.	4.30	-0.83	13-17 id.	16.32	(+1.47)
22-26 id.	5.73	-0.04	18-22 id.	11.09	(-3.04)
27-31 id.	5.82	-0.61	23-27 id.	10.18	(-3.19)
1- 5 Avril	10.07	(+2.97)	28- 2 Octobre	11.40	-1.17
6-10 id.	9.15	+1.36	3- 7 id.	10.71	-1.03
11-15 id.	11.47	(+2.98)	8-12 id.	7.10	(-3.78)
16-20 id.	9.18	-0.01	13-17 id.	9.31	-0.69
21-25 id.	12.09	(+2.18)	18-22 id.	9.75	+0.64
26-30 id.	12.59	(+1.96)	23-27 id.	10.26	(+2.05)
1- 5 Mai	12.31	+0.96	28- 1 Novemb.	7 73	+0.41
6-10 id.	9.94	(-2.13)	2- 6 id.	9 37	(+2.93)
11-15 id.	9.89	(-2.89)	7-11 id.	7.27	+1.70
16-20 id.	12.57	-0.92	12-16 id.	6.02	+1.28
21-25 id.	16.72	(+2.55)	17-21 id.	0.73	(-3.22)
26-30 id.	9.88	(-4.95)	22-26 id.	1.17	(-2.03)
31- 4 Juin	14.62	-0 84	27- 1 Décemb.	3.05	+0.54
5- 9 id.	11.71	(-4.35)	2- 6 id.	7.71	(+5.83)
10-14 id.	14.78	(-1.83)	7-11 id.	7.14	(+5.82)
15-19 id.	16.22	-0.89	12-16 id.	5 68	(+4.84)
20-24 id.	16.20	-1.36	17-21 id.	4.10	(+3.66)
25-29 id.	19.04	+1.08	22-26 id.	0.80	+0 68
			27-31 id.	1 71	+1.82

comptent seulement 6 pentades et vont du 11 janvier au 9 février, du 26 mai au 24 juin et du 18 septembre au 17 octobre.

La pentade la plus froide, absolument parlant, est la 4me, du 16 au 20 janvier, avec —4°,30 et un écart de —4°,10. Au point de vue relatif, la plus froide est la 30me, du 26 au 30 mai, avec 9°,88 et un écart de —4°.95.

La pentade la plus chaude au point de vue absolu est la 39me, du 10 au 14 juillet, avec 20°,83 et un écart de +2°,10. Les plus chaudes au point de vue relatif sont la 68me et la 69me, du 2 au 11 décembre, avec 7°,71 et 7°,14 et des écarts de +5°,83 et de +5°,82.

La plus forte hausse de température a eu lieu en février, entre la 9me et la 10me pentade ; elle est de +5°,72. La plus forte baisse de température a eu lieu en mai, entre la 29me et la 30me pentade ; elle est de —6°,84.

3° *Moyennes diurnes — Anomalies*

Le *tableau VI* fournit la classification des jours de l'année, à *Genève*, suivant leurs températures moyennes et conformément à la terminologie introduite par Plantamour. Il en résulte que, dans l'année météorologique 1914, il y a eu de nouveau des jours très froids, au-dessous de —5°, mais cinq seulement ; et il y a eu 48 jours à température au-dessous de zéro, le double de ce qu'il y avait en 1913. Il n'y a pas eu de jours très chauds, avec une température moyenne dépassant 25°, pas plus qu'en 1910, en 1912 et en 1913.

Le *tableau VII* fournit une classification analogue pour le *Grand Saint-Bernard*. La longue série de jours dont la tempépature moyenne diurne reste au-dessous de zéro s'étend, avec deux courtes interruptions, du 5 novembre 1913 au 30 mars 1914. D'autre part, la température moyenne diurne n'est restée au-dessus de zéro que du 11 juin au 18 septembre, avec une seule interruption à la fin de juillet.

Ces deux tableaux fournissent, en outre, pour chaque mois et pour l'année, les dates des jours les plus froids et les plus chauds. L'écart entre les températures diurnes extrêmes est de

VI. Classement des températures diurnes. — GENÈVE, 1914.

Période	Nombre de jours: très froids		froids		tempérés		chauds		très chauds	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	− 15° à − 10	− 10° à − 5	− 5° à 0	0° à + 5	+ 5° à + 10	+ 10° à + 15	+ 15° à + 20	+ 20° à + 25	+ 25° à + 30	°	°
Décembre 1913	—	—	7	17	7	—	—	—	—	− 4.10 le 23	+ 7.28 le 4
Janvier 1914	—	5	22	4	—	—	—	—	—	− 6.74 le 14	4.26 le 10
Février	—	—	9	11	7	1	—	—	—	− 4.50 le 1	10.60 le 17
Mars	—	—	—	13	15	3	—	—	—	+ 2.14 le 4	11.20 le 8
Avril	—	—	—	—	11	18	1	—	—	7.32 le 5	16.09 le 29
Mai	—	—	—	1	10	15	4	1	—	4.70 le 10	21.05 le 23
Juin	—	—	—	—	1	8	18	3	—	9.18 le 8	21.24 le 29
Juillet	—	—	—	—	—	7	19	5	—	12.49 le 27	22 68 le 12
Août	—	—	—	—	—	2	23	6	—	14.29 le 28	22.36 le 12
Septembre	—	—	—	—	5	9	15	1	—	8.15 le 21	20.05 le 4
Octobre	—	—	—	—	17	14	—	—	—	+ 5.38 le 12	12.41 le 2
Novembre	—	—	5	10	13	2	—	—	—	− 2.04 le 20	10.20 le 5
Décembre	—	—	2	16	11	2	—	—	—	− 1.49 le 31	13.30 le 8
Année météorol.	—	5	43	56	86	79	80	16	—	− 6.74 le 14 janvier	+ 22.68 le 12 juillet
Année civile	—	5	38	55	90	81	80	16	—	id.	id.

VII. Classement des températures diurnes. — SAINT-BERNARD, 1914.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	− 25° et − 20	− 20° et − 15	− 15° et − 10	− 10° et − 5	− 5° et 0	0° et + 5	+ 5° et + 10	+ 10° et + 15		
Décembre 1913	—	2	6	11	11	1	—	—	− 19.3° le 31	+ 0.6° le 1
Janvier 1914	—	3	13	7	8	—	—	—	− 18.3 le 1	− 2.4 le 26
Février	—	—	—	13	14	1	—	—	− 9.9 le 24	+ 1.2 le 15
Mars	—	—	5	11	13	2	—	—	− 12.8 le 3	0.9 le 31
Avril	—	—	—	2	20	6	2	—	− 5.6 le 8	6.3 le 13
Mai	—	—	—	2	16	11	2	—	− 5.3 les 10 et 13	7.5 le 22
Juin	—	—	—	—	5	19	5	1	− 4.1 le 6	11.0 le 30
Juillet	—	—	—	—	1	20	10	—	− 0.4 le 27	9.7 les 1 et 14
Août	—	—	—	—	—	9	16	6	+ 1.0 le 6	13.2 le 11
Septembre	—	—	—	1	6	12	10	1	− 5.7 le 21	10.2 le 4
Octobre	—	—	—	—	23	7	1	—	− 4.0 le 15	5.8 le 1
Novembre	—	2	3	14	10	1	—	—	− 17.4 le 19	0.2 le 11
Décembre	—	—	8	15	6	2	—	—	− 14.0 le 23	0.7 le 1
Année météorologique	—	7	27	61	127	89	46	8	−19.3 le 31 déc. 1913	13.2 le 11 août
» civile	—	5	29	65	122	90	46	8	−18.3 le 1er janv. 1914	id.

29°,42 à Genève et de 32°,5 au Saint-Bernard. Ce sont des écarts plus forts que les années précédentes.

L'anomalie résultant de ce qu'il fait plus chaud dans la station de montagne que dans celle de plaine s'est présentée six fois dans l'année météorologique et civile, les 25, 26 et 31 janvier et les 1er, 3 et 5 février, pendant la période de brouillard épais qui a régné sur le lac de Genève, tandis qu'il faisait beau et relativement chaud à la montagne.

4° *Températures extrêmes*

Les *tableaux VIII* et *IX* fournissent, pour les deux stations, les températures extrêmes indiquées par les thermomètres à minimum et à maximum. A *Genève*, le minimum absolu est plus bas que de 1910 à 1912, mais toujours moins bas que le minimum moyen des cinquante années de 1826 à 1875 (—13°,3). Le maximum absolu est aussi inférieur au maximum absolu moyen (32°,5). Grâce à ces faits, l'oscillation totale de la température, 40°,0, reste inférieure à l'oscillation moyenne (45°,8). Au *Grand Saint-Bernard*, l'oscillation extrême est de 39°,9, un peu supérieure à celles de 1910 à 1913.

Ces tableaux fournissent en outre, pour les deux stations, les nombres de *jours de gelée,* où le minimum est descendu au-dessous de zéro, et de *jours de non dégel,* où le maximum est resté au-dessous de zéro. A Genève, ces nombres se rapprochent des nombres moyens des 50 années de 1826 à 1875 (91 et 21), le second lui est même supérieur.

La dernière *gelée blanche à glace* du printemps à Genève a eu lieu le 29 mars ; le minimum de la nuit du 9 au 10 mai a aussi été très bas, +0°,2, mais il n'y a pas eu de gelée à cause de la pluie. La première gelée blanche à glace de l'automne a eu lieu déjà de bonne heure, le 13 octobre.

Au *Grand Saint-Bernard*, le petit lac près de l'hospice a été complètement dégelé le 7 août et il s'est congelé à nouveau le 20 octobre.

VIII. Températures extrêmes. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1913....	− 8.0	le 24	+ 11.3	le 27	22	6
Janvier 1914..	− 9.8	le 26	6.8	le 27	30	20
Février	− 6.8	le 1	14.3	le 17	13	8
Mars	− 2.2	les 4 et 18	19.2	le 14	6	—
Avril	+ 1.5	le 10	23.4	le 29	—	—
Mai	0.2	le 10	27.8	le 22	—	—
Juin.........	4.0	le 7	29.2	le 27	—	—
Juillet	8.0	le 30	30.2	le 12	—	—
Août	7.2	le 7	28.4	le 12	—	—
Septembre ...	+ 3.8	le 25	27.8	le 4	—	—
Octobre	− 0.8	le 13	22.0	le 2	1	—
Novembre....	− 4.7	le 20	14.0	le 3	13	1
Décembre	− 4.0	le 31	17.8	le 7	12	—
Année mét...	− 9.8	le 26 janvier	30.2	le 12 juillet	85	35
» civile..	id.		id.		75	29

IX. Températures extrêmes. SAINT-BERNARD, 1914.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1913....	− 21.5	le 31	+ 2.7	les 1 et 3	31	29
Janvier 1914..	− 22 3	le 1	1.6	le 26	31	29
Février	− 11.7	le 24	3.3	le 15	28	23
Mars	− 14.6	le 18	6.4	le 31	31	23
Avril	− 8.0	le 5	10.2	le 12	27	4
Mai	− 7.2	le 13	14.1	le 22	26	2
Juin.........	− 6.4	le 7	17.5	le 30	11	2
Juillet	− 2.0	le 27	14.2	le 14	9	—
Août.........	− 1.8	le 28	17.6	le 11	3	—
Septembre....	− 8.0	le 21	14.6	le 4	13	3
Octobre	− 5.7	le 21	10.3	le 1	28	10
Novembre	− 20.0	le 19	3.3	le 10	30	22
Décembre	− 15.8	le 23	2.5	les 1 et 7	31	26
Année mét...	− 22.3	le 1 janvier	+ 17.6	le 11 août	268	147
» civile..	id.		id.		268	144

5° *Température du Rhône*

Le *tableau X* fournit les documents habituels sur la température du Rhône prise, comme antérieurement, vers midi, à la sortie du lac sous le pont des Bergues, à une profondeur d'un mètre au-dessous de la surface.

X. — Température du Rhône, 1914.

PÉRIODE	Moyenne	Écarts avec la normale	Minimum	Maximum	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air
	°	°	°	°	°
Décembre 1913	7.55	+ 0.94	6.3 les 8, 9 et 30	9.5 le 1	+ 5.73
Janvier 1914..	4.17	- 0.94	3.3 le 15	5 3 le 10	+ 6.99
Février	4 35	- 0.61	3.5 les 5 et 6	5.3 les 18 et 21	+ 1.84
Mars	6.35	+ 0.23	4.5 le 2	7.2 le 31	+ 0.06
Avril	8.52	- 0.26	7.2 les 3, 6, 7, 8	10.5 les 25 et 29	- 2.24
Mai	10.55	- 1.17	8.5 les 2, 9 et 11	14.8 le 22	- 1.38
Juin.........	14.55	- 0.79	11.2 le 11	19.0 le 30	- 1.13
Juillet	16 65	- 1 44	9.0 le 29	20.7 le 14	- 0.56
Août	18.74	+ 0.09	15.7 les 7 et 18	22.9 le 15	+ 1 03
Septembre ...	15.95	- 1.12	9.1 le 20	20.7 le 8	+ 1.23
Octobre	13.15	- 0 83	12.0 le 31	14.0 les 2 et 7	+ 3.78
Novembre....	9.47	- 0.16	6.5 le 18	12.3 les 4 et 5	+ 4.91
Décembre...	7.29	+ 0.68	6.3 les 26 et 31	8.0 les 2, 4 et 8	+ 2.66
Année météor.	11.07	- 0.27	3.3 le 15 janvier	22.9 le 15 août	+ 1.90
Année civile .	11 04	- 0.30	id.	id.	+ 1.63

III. Pression atmosphérique

Genève. — Comme je l'ai déjà indiqué dans le résumé de l'année 1903, le baromètre de Fuess n° 1492/57, qui sert de baromètre normal depuis 1902, a été vérifié le 30 janvier 1904, et sa correction, par rapport au baromètre normal de l'institut météorologique de Zurich, est de + $0^{mm}.21$. L'altitude du zéro de l'échelle est de $404^{m},96$, la même que pour l'ancien baromètre de Noblet, en admettant $373^{m},60$ pour la cote absolue du repère de la pierre du Niton.

Les six observations diurnes de 7 h. du matin à 10 h. du soir se font directement au baromètre de Fuess. Les indications pour les deux observations nocturnes de 1 h. et de 4 h. du matin, ainsi que les valeurs des minima et des maxima, sont relevées sur les diagrammes du barographe à enregistrement continu de Redier.

La moyenne des huit observations trihoraires donne la *moyenne diurne* de la pression atmosphérique. Les *moyennes mensuelles* et *annuelles* sont directement déduites de ces moyennes diurnes.

Grand Saint-Bernard. — Depuis 1904, les trois observations directes diurnes sont faites au nouveau baromètre de Fuess, n° 1570 100, installé à l'hospice le 5 octobre 1903, à côté de l'ancien baromètre de Gourdon. La correction de ce baromètre, par rapport au baromètre normal de l'institut météorologique de Zurich, est de $+0^{mm}.75$. Son altitude, résultant du nouveau nivellement de précision exécuté en 1906, est de $2475^{m},8$. — Les valeurs des minima et des maxima de la pression ont été, cette année encore, relevées sur le barographe horaire de Hottinger, décrit dans le résumé de 1884. Au cours de l'automne 1914, nous avons envoyé à l'hospice du Grand Saint-Bernard un nouveau barographe de Richard à enregistrement continu. Mais comme cet instrument n'a commencé à fonctionner qu'en décembre 1914, nous en parlerons plus en détail seulement dans notre prochain « résumé météorologique de l'année 1915 ».

1° *Moyennes générales — Variation diurne — Écarts*

Le *tableau XI* donne, pour *Genève,* les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les treize mois, les saisons et l'année, météorologique et civile ; il donne en outre, pour toutes ces périodes, la variation diurne exprimée par les différences entre les moyennes générales et les moyennes des huit observations trihoraires.

Le *tableau XII* fournit les indications analogues pour le *Grand Saint-Bernard,* mais la variation diurne n'est plus exprimée qu'assez incomplètement par la différence entre les

XI. Pression atmosphérique. — GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1913	729.92	+ 0.21	+ 0.01	+ 0.10	+ 0.47	- 0.42	- 0.47	- 0.07	+ 0.17
Janvier 1914	729.43	+ 0.06	- 0.10	- 0.10	+ 0.34	- 0.33	- 0.34	+ 0.12	+ 0.35
Février	726.87	+ 0.23	- 0.14	+ 0.14	+ 0.44	- 0.10	- 0.51	- 0.15	+ 0.09
Mars	724.03	+ 0.39	- 0.06	- 0.04	+ 0.20	- 0.35	- 0.63	+ 0.01	+ 0.48
Avril	729.02	+ 0.31	+ 0.20	+ 0.68	+ 0.64	- 0.15	- 0.90	- 0.64	- 0.14
Mai	727.57	+ 0.01	- 0.21	+ 0.28	+ 0.40	- 0.04	- 0.44	- 0.23	+ 0.23
Juin	726.59	+ 0.37	+ 0.22	+ 0.41	+ 0.33	- 0.27	- 0.87	- 0.52	+ 0.33
Juillet	726.15	+ 0.19	+ 0.08	+ 0.18	+ 0.22	- 0.21	- 0.52	- 0.28	+ 0.34
Août	728.59	+ 0.28	+ 0.17	+ 0.42	+ 0.31	- 0.23	- 0.69	- 0.53	+ 0.27
Septembre	729.77	+ 0.10	- 0.14	+ 0.11	+ 0.48	- 0.15	- 0.44	- 0.18	+ 0.22
Octobre	726.22	+ 0.47	+ 0.06	+ 0.15	+ 0.34	- 0.39	- 0.59	- 0.20	+ 0.16
Novembre	725.37	- 0.15	- 0.26	- 0.08	+ 0.38	- 0.18	- 0.29	+ 0.13	+ 0.45
Décembre	725.03	+ 0.17	+ 0.11	+ 0.19	+ 0.71	- 0.22	- 0.44	- 0.28	- 0.24
Hiver	728.80	+ 0.17	- 0.08	+ 0.05	+ 0.41	- 0.28	- 0.44	- 0.03	+ 0.20
Printemps	726.85	+ 0.24	- 0.03	+ 0.30	+ 0.41	- 0.19	- 0.65	- 0.28	+ 0.20
Eté	727.12	+ 0.28	+ 0.16	+ 0.34	+ 0.29	- 0.24	- 0.70	- 0.45	+ 0.32
Automne	727.11	+ 0.14	- 0.12	+ 0.05	+ 0.40	- 0.24	- 0.45	- 0.06	+ 0.28
Année météorologique .	727.47	+ 0.21	- 0.02	+ 0.19	+ 0.38	- 0.24	- 0.56	- 0.21	+ 0.25
Année civile	727.95	+ 0.20	- 0.01	+ 0.19	+ 0 40	- 0.22	- 0.56	- 0 22	+ 0.22

XII. Pression atmosphérique. — SAINT-BERNARD, 1914.

PÉRIODE	Hauteur moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Décembre 1913.	563.49	- 0.12	- 0.02	+ 0.14
Janvier 1914.	561.12	- 0.38	- 0.16	+ 0.54
Février	563.26	- 0.27	+ 0.19	+ 0.08
Mars	559.71	- 0.44	+ 0.10	+ 0.34
Avril	566.79	- 0.12	- 0.02	+ 0.14
Mai	565.30	- 0.38	+ 0.13	+ 0.25
Juin.	566.28	- 0.39	- 0.01	+ 0.40
Juillet.	567.00	- 0.24	- 0.05	+ 0.29
Août	569.93	- 0.27	- 0.09	+ 0.36
Septembre	568.81	- 0.25	- 0.01	+ 0.26
Octobre	564.26	- 0.14	- 0.04	+ 0.18
Novembre	561.28	- 0.22	- 0.27	+ 0.49
Décembre	561.22	+ 0.09	- 0.18	+ 0.09
Hiver	562.60	- 0.26	0.00	+ 0.26
Printemps	563.90	- 0.31	+ 0.07	+ 0.24
Eté	567.75	- 0.30	- 0.05	+ 0.35
Automne	564.77	- 0.20	- 0.10	+ 0.30
Année météorologique .	564.77	- 0.27	- 0.02	+ 0.29
Année civile.	564.58	- 0.25	- 0.03	+ 0.28

moyennes générales et les moyennes des *trois* observations diurnes.

Le *tableau XIII* donne les résultats de la comparaison entre les moyennes mensuelles et annuelles et les valeurs normales déduites par Plantamour des années de 1836 à 1875 pour Genève, et des années de 1841 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard.

La moyenne annuelle est, aux deux stations, supérieure à la normale d'une quantité presqu'égale pour l'année météorologique. Les plus forts écarts négatifs sont ceux de juillet, à Genève et au Saint-Bernard, et celui de décembre 1914, à Genève, pour l'année civile. Les plus forts écarts positifs sont, aux deux stations, ceux d'avril, puis ceux de mai, août et septembre.

Le maximum de discordance entre les deux stations, dans le sens d'une plus forte pression relative à la montagne se ren-

XIII. Pression atmosphérique. — Écarts, 1914.

PÉRIODE	Genève	St-Bernard	Genève—St-Bernard
	mm	mm	mm
Décembre 1913	+ 1.96	+ 1.17	+ 0.79
Janvier 1914	+ 2.06	+ 0.63	+ 1.43
Février	+ 0.03	+ 3.02	- 2.99
Mars	- 1 00	0 00	- 1.00
Avril	+ 4.25	+ 5.16	- 0.91
Mai.	+ 2.33	+ 1.46	+ 0.87
Juin	- 0.60	- 0.83	+ 0.23
Juillet	- 1.50	- 1.48	- 0.02
Août	+ 0.93	+ 1.53	- 0.60
Septembre.	+ 2.14	+ 1.36	+ 0.78
Octobre	- 0.29	- 0.34	+ 0.05
Novembre	- 0.48	- 0.75	+ 0.27
Décembre	- 2.93	- 1.10	- 1 83
Année météorologique .	+ 0.83	+ 0.89	- 0.06
Année civile	+ 0.41	+ 0.70	- 0.29

contre en février et, dans le sens d'une plus forte pression à Genève, en janvier.

2° *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique*

Les *tableaux XIV* et *XV* donnent les minima et les maxima absolus pour les treize mois et pour l'année aux deux stations.

A *Genève*, les extrêmes moyens et absolus ont les valeurs suivantes :

minimum extrême moyen : 705.05
» » absolu : 700.00 (2 II 1912)
maximum extrême moyen : 741.03
» » absolu : 748.71 (17 I 1882)

Les extrêmes absolus sont plus marqués, *à Genève*, que les valeurs moyennes, surtout le minimum, contrairement à ce que l'on constatait en 1913. L'amplitude annuelle est donc supérieure de près de 3 millimètres à la valeur moyenne.

Au *Grand Saint-Bernard*, l'amplitude annuelle est aussi plus forte qu'en 1913.

XIV. Pressions extrêmes. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm.		mm.		mm.
Décembre 1913 . . .	712.0	les 28 et 29	740.5	le 21	28.5
Janvier 1914	715.0	le 17	741.5	le 25	26.5
Février.	702.7	le 22	739.1	le 1	36.4
Mars.	706.0	le 25	739.9	le 31	33.9
Avril.	715.2	le 8	735.9	le 1	20.7
Mai	719.5	le 26	733.5	le 4	14.0
Juin	714.1	le 8	734.6	le 24	20.5
Juillet	719.0	le 20	733.8	le 8	14.8
Août	722.2	le 16	733.9	les 9 et 11	11.7
Septembre	718.4	le 19	735.5	le 27	17.1
Octobre	706.8	le 30	734.9	le 4	28.1
Novembre	712.6	le 16	735.3	le 29	22.7
Décembre	709.2	le 14	737.3	le 3	28.1
Année météorolog. .	702.7	le 22 février	741.5	le 25 janvier	38.8
Année civile . . .	id.		id.		38.8

XV. Pressions extrêmes. SAINT-BERNARD, 1914.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm.		mm.		mm.
Décembre 1913 . . .	544.9	le 29	571.9	le 21	27.0
Janvier 1914	550.4	le 17	573.2	le 25	22.8
Février	546.0	le 23	573.3	le 2	27.3
Mars	547.7	le 21	574.7	le 31	27.0
Avril	555.0	le 8	572.5	le 1	17.5
Mai	559.1	le 26	574.5	le 22	15.4
Juin	553.6	le 8	574.4	le 28	20.8
Juillet	560.3	le 28	572.1	le 13	11.8
Août	563.6	le 17	576.3	le 10	12.7
Septembre	559.6	le 19	574.8	le 2	15.2
Octobre	549.5	le 29	572.5	le 3	23.0
Novembre	551.2	le 14	571.0	le 30	19.8
Décembre	549.8	le 14	571.7	le 2	21.9
Année météorolog. .	544.9	le 29 décembre 1913	576.3	le 10 août	31.4
Année civile	546.0	le 23 février 1914	id.		30.3

IV. Humidité de l'air

La valeur de la *fraction de saturation* est, depuis 1901, appréciée en *pour cent,* et non plus en *millièmes*. Je n'ai conservé l'indication des dixièmes de pour cent que pour la valeur moyenne annuelle à Genève, afin de permettre la comparaison exacte avec le passé.

A *Genève,* la valeur de la fraction de saturation est, pour les six observations faites de jour, déduite des indications des deux thermomètres du psychromètre ; pour les deux observations de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ses valeurs sont relevées sur les diagrammes de l'hygromètre enregistreur de Richard.

Le *tableau XVI* fournit, pour les huit observations trihoraires, les valeurs moyennes de la fraction de saturation, pour les treize mois, les saisons et l'année ; puis les valeurs de la *fraction de saturation moyenne* pour les mêmes périodes ; enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Afin de rendre l'évaluation de ces *cas de saturation* comparable avec celle de l'ancien système des observations bihoraires, usité jusqu'en 1883, on a continué à calculer la *fréquence relative de la saturation.*

Le *tableau XVII* donne les *écarts* de la fraction de saturation et de la fréquence de la saturation avec les valeurs normales des « Nouvelles études sur le climat de Genève », de Plantamour.

Cette année, pour l'année météorologique au moins, la fraction de saturation est un peu supérieure à la normale, mais sensiblement moins qu'en 1913. Les mois les plus humides sont, comme toujours, ceux d'hiver et d'automne, et le plus humide, absolument parlant, est celui de janvier. Mais, au point de vue relatif, décembre 1914 est très sec avec 80 % seulement ; puis vient avril qui est le mois le plus sec de l'année météorologique, au point de vue relatif et absolu. Les mois les plus humides, au point de vue relatif, sont juillet et août.

Il n'y a pas eu de cas de grande sécheresse de l'air cette

XVI. Fraction de saturation en pour cent. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu	Fréquence relat. de la saturation
Décembre 1913...	86	87	87	83	76	78	81	86	83	43	100 17 fois	0.069
Janvier 1914	91	91	92	88	83	83	88	89	88	57	100 18 »	0.073
Février	89	90	87	84	75	74	83	86	84	41	100 66 »	0 295
Mars.	81	83	83	70	56	63	70	78	73	28	99	0.000
Avril	76	80	78	61	51	51	62	68	66	24	100 4 »	0.017
Mai........... .	81	85	82	70	60	61	66	75	72	29	99	0.000
Juin	82	86	80	63	52	51	61	77	69	33	99	0.000
Juillet	81	84	79	68	59	58	70	81	73	30	100 3 »	0.012
Août	86	87	86	73	64	63	73	84	77	37	100 1 »	0.004
Septembre.......	87	88	87	71	61	61	75	83	77	41	99	0.000
Octobre.........	91	92	91	79	69	72	82	89	83	46	100 4 »	0.016
Novembre.......	88	88	88	78	70	73	81	86	81	38	100 2 »	0.008
Décembre........	84	84	84	78	67	75	82	85	80	33	100 13 »	0.052
Hiver.	89	89	89	85	78	79	84	87	85	41	100 101 fois	0.140
Printemps.......	79	83	81	67	56	58	66	73	70	24	100 4 »	0.005
Eté...	83	86	82	68	59	57	68	81	73	30	100 4 »	0.005
Automne.	89	90	89	76	67	69	79	86	80	38	100 6 »	0.008
Année météorol..	85	87	85	74	65	66	74	82	77.1	24	100 115 fois	0.039
» civile.....	85	87	85	74	64	65	74	82	76.9	24	100 111 »	0.038

XVII. Écarts de l'humidité. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	Fraction de saturation		Fréquence relative de la saturation	
	Moyennes (1849-1875)	Écarts pour 1914	Moyennes 1849-1875	Écarts pour 1914
Décembre 1913.....	86	− 3	0.147	− 0.078
Janvier 1914.......	86	+ 2	0.145	− 0.072
Février.	82	+ 2	0.096	+ 0.199
Mars..............	75	− 2	0.039	− 0.039
Avril.....	70	− 4	0.016	+ 0.001
Mai...............	70	+ 2	0.016	− 0.016
Juin	70	− 1	0.010	− 0.010
Juillet.......	68	+ 5	0.006	+ 0.006
Août..............	71	+ 6	0.009	− 0.005
Septembre.........	77	0	0.025	− 0.025
Octobre	83	0	0.083	− 0.067
Novembre	83	− 2	0.067	− 0.059
Décembre.... .. .	86	− 6	0.147	− 0.095
Hiver.............	85	0	0.130	+ 0.010
Printemps....... ..	72	− 2	0.024	− 0.019
Eté...............	69	+ 4	0.008	− 0.003
Automne..........	81	− 1	0.058	− 0.050
Année météorolog. .	76.8	+ 0.3	0.055	− 0.016
» civile.......	76.8	+ 0.1	0.055	− 0.017

année. Quant à la saturation complète de l'air, elle a été plus fréquente cette année que la précédente, mais elle reste au-dessous de la normale.

Le *tableau XVIII* fournit le résultat des observations faites au *Grand Saint-Bernard* avec l'hygromètre à cheveu d'Usteri-Reinacher.

La valeur moyenne annuelle de la fraction de saturation est moins semblable aux deux stations qu'en 1913, et plus faible au Saint-Bernard. Quant à la répartition annuelle de l'humidité relative, elle est très différente entre la station de montagne et celle de plaine. Au Saint-Bernard, le mois le plus sec est de beaucoup celui de janvier qui était le plus humide à Genève. Le mois le plus humide est celui de juillet, lequel est aussi, relativement, trop humide à Genève.

Les cas de saturation complète de l'air sont, cette année, très rares au Saint-Bernard, contrairement à ce que nous con-

XVIII. Fraction de saturation en pour cent.
GRAND SAINT-BERNARD, 1914.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Fract. moy.	Min. abs.	Maximum absolu		Fréq. relat. de la satur.
Déc. 1913....	72	69	67	69	10	100	11 fois	0.118
Janvier 1914..	56	58	55	56	2	100	1 »	0.011
Février.	68	69	72	70	8	98		0.000
Mars........	77	73	77	76	10	99		0.000
Avril........	75	64	78	72	23	99		0.000
Mai.........	85	65	87	79	32	99		0.000
Juin.........	79	60	89	76	27	100	1 »	0.011
Juillet......	83	72	91	82	30	100	7 »	0.075
Août........	78	69	85	77	17	100	1 »	0.011
Septembre...	78	70	81	76	16	100	5 »	0.056
Octobre.	78	75	82	78	15	100	2 »	0.022
Novembre...	71	70	71	71	10	99		0.000
Décembre....	70	68	68	69	10	93		0.000
Hiver........	65	65	65	65	2	100	12 fois	0.044
Printemps....	79	68	81	76	10	99		0.000
Eté..........	80	67	88	79	17	100	9 »	0.033
Automne	76	72	78	75	10	100	7 »	0.026
Année météor.	75	68	78	74	2	100	28 fois	0.026
» civile..	75	68	78	74	2	100	17 »	0.016

stations en 1913. Quant aux cas de grande sécheresse de l'air ils se sont de nouveau présentés en assez grand nombre, surtout en hiver et en automne. Il ne faut d'ailleurs pas leur attribuer une grande valeur en quantité absolue. Ils indiquent seulement des courants atmosphériques descendants, qui rendent l'air relativement très sec.

(A suivre).

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Séance du 3 juin 1915

Arnold Pictet. Le développement des Lépidoptères : le rôle de la température en relation avec la pression barométrique. — L. Duparc. La tectonique de l'Oural.

Dr Arnold PICTET. — *Le développement des Lépidoptères: le rôle de la température en relation avec la pression barométrique.*

Nous avons démontré [1] que les Papillons, une fois développés dans leur enveloppe nymphale, n'ont pas par eux-mêmes la faculté d'en sortir; il faut, pour provoquer la déhiscence des fourreaux de la chrysalide et permettre au Papillon d'en émerger, une force extérieure qui, dans le cas présent, réside dans une diminution de la pression barométrique ; celle-ci agit en provoquant, du dedans au dehors de la chrysalide, une poussée qui écarte les fourreaux et disjoint leur ligne de suture.

D'autre part, si l'on maintient dans un cristallisoir clos, où la pression soit constante, une chrysalide prête à éclore, on empêche ainsi la déhiscence et le Papillon meurt sans pouvoir venir au monde ; tandis qu'au contraire, en effectuant au sein du cristallisoir une diminution, même légère, de la pression atmosphérique au moyen d'une pompe à vide, on provoque rapidement l'éclatement de la chrysalide et l'éclosion de son hôte.

[1] Arnold Pictet, Le rôle de la pression barométrique dans le développement des Lépidoptères. *Arch. Sc. phys. et nat.*, 1915, t. XL, p. 74.

Cela nous montre que l'on peut envisager la pression barométrique à l'état libre comme ayant une action accélératrice ou retardatrice du développement nymphal des Lépidoptères, suivant que c'est une diminution ou une augmentation de cette pression qui se présente au moment où la chrysalide est à même d'éclore.

Intervention de la température. — D'autres facteurs de l'ambiance sont susceptibles de ralentir ou d'accélérer le développement des chrysalides et, en particulier, l'abaissement et l'élévation de la température jouent, dans certains cas, un rôle important dans ce domaine ; l'on peut se demander si cette action est capable d'annuler les effets de la pression barométrique ou bien si elle agit en concordance avec eux.

Pour élucider ce problème, nous avons entrepris 8 séries de nouvelles expériences, avec 390 individus appartenant à 5 espèces ; elles ont consisté à diviser les chrysalides provenant d'une même ponte, c'est-à-dire ayant la même somme d'influences héréditaires, en un certain nombre de lots soumis chacun à l'action d'une température allant de 6° à 37°. Chaque lot s'est trouvé en conséquence dans des conditions de chaleur différentes qui ont amené une accélération ou un ralentissement du développement, avec époques d'éclosion spéciales à chaque lot. Au moment où elles se produisent, les éclosions sont comparées avec la courbe barométrique et l'on constate alors que c'est, *dans la totalité des cas*, par la baisse qu'elles ont lieu. Ainsi, une modification produite dans l'époque habituelle de l'éclosion et qui amène celle-ci plus tôt ou plus tard que normalement, est quand même dans la dépendance de la pression atmosphérique agissant au moment où la chrysalide est prête à éclore.

Voici, à titre d'exemple, le détail de deux de ces séries :

Vanessa urticæ (1913)

Lot 1,	*nymphose dans*	*37° ;*	chrysal.	9-11 juillet ;	éclosions 18-19 juille
» *2,*	»	» *20-21° ;*	»	9-12 » ;	» 20-25 »
» *3,*	*3 jours dans*	*6-10° ;*	»	11 » ;	» 26-29 »
» *4,*	*6* »	» *6-10° ;*	»	11-12 » ;	» 29-31 »
» *5,*	*10* »	» *6-10° ;*	»	12-13 » ;	» 3 août

Vanessa io (1914)

Lot 1,	*nymphose dans*	*36° ;*	chrysal.	26-27 août ;	éclosions 31 août
» *2,*	»	» *30° ;*	»	» » ;	» 1-3 sept.
» *3,*	»	» *22° ;*	»	» » ;	» 5-6 »
» *4,*	»	» *15-17° ;*	»	» » ;	» 10-11 »

Dans le Lot 1 de la 1[re] série, les éclosions ont eu lieu les 18-19 juillet par une baisse barométrique de 4 mill. ; le 17 juillet les chrysalides étaient prêtes à éclore, mais le baromètre ayant monté

de 3 mill., la durée de la nymphose a été prolongée jusqu'au moment où la pression a diminué de nouveau ; cela est du reste conforme aux résultats publiés dans la précédente séance. Nous constatons la même chose pour les autres lots.

Pour ce qui est de la série 2, nous remarquons que trois jours avant le 31 août la pression est uniforme à 733 mill. ; puis viennent, les 31 août, 1, 2 et 3 septembre, des baisses de 2 et 1 mill. coïncidant avec les éclosions des Lots 1 et 2 ; les chrysalides de ces lots étaient cependant prêtes à éclore dès le 30 août ; en outre, nous constatons des périodes de hausse barométrique alternant avec des périodes de baisse, ces dernières étant précisément celles où ont eu lieu les éclosions des autres lots. Ces données sont encore conformes à ce que nous avons vu précédemment ; les 8 séries entreprises donnent des résultats analogues.

Avec des *chrysalides hivernantes*, nous avons encore entrepris des expériences de même genre. Pour provoquer une accélération du développement des chrysalides hivernantes, il faut que l'action de l'élévation de la température se fasse surtout durant le troisième tiers de la nymphose ; une action thermique uniforme pendant tout l'hiver n'amène guère les éclosions plus tôt que dans les conditions normales, tandis que des alternances diurnes et nocturnes de chaleur et de froid sont susceptibles d'activer la métamorphose.

Or, dans ces derniers cas, les avances obtenues ne subsistent qu'en tant qu'une baisse barométrique se présente au moment de l'éclosion ; à supposer qu'une hausse d'une durée de trois jours ait lieu à ce moment-là, l'avance acquise se trouvera diminuée d'autant.

Une élévation de la température au moment de l'éclosion peut en elle-même, par le fait de la dilatation des tissus et des liquides sanguins qu'elle produit, jouer le même rôle que la diminution de pression barométrique et vraisemblablement remplacer celle-ci dans quelques cas spéciaux.

A ce point de vue, deux séries d'expériences avec des chrysalides hivernantes, où les individus ont été soumis à l'action de l'élévation et de l'abaissement de la température (alternances diurnes et nocturnes allant de 5° à 40°, ou température uniforme) aux deux tiers de leur nymphose, alors que la fin du développement nymphal s'effectuait *dans le milieu normal,* sont particulièrement intéressantes, car elles montrent que malgré l'intervention, au cours du développement, de forces extérieures susceptibles de provoquer la déhiscence des fourreaux, c'est quand même la diminution de pression qui intervient au moment de l'éclosion.

Dans notre première communication relative à l'influence de la pression barométrique, nous avons constaté que le 91.32 % des

1758 observations effectuées ont éclos par la baisse barométrique. Dans les expériences que nous communiquons aujourd'hui c'est le 100 % des éclosions qui se sont produites par la diminution de pression. Il y a donc lieu de retenir que cette influence est encore plus nécessaire dans le milieu expérimental, où les chrysalides, affaiblies, ont perdu un peu de leurs moyens, que dans le milieu naturel, où elles ne sont pas gênées dans leur développement.

On sait que les Lépidoptères diurnes ne volent que lorsque le soleil luit; il semblerait en conséquence que leur éclosion, ne s'effectuant que par la baisse barométrique, les placerait dans un milieu défavorable, à supposer qu'une diminution de pression soit toujours en corrélation avec un changement de temps et l'amoncellement de nuages; non seulement cela n'est pas toujours le cas, mais il y a lieu de retenir que les Rhopalocères, s'ils ne volent pas lorsque le soleil est caché, peuvent parfaitement vivre et se reproduire même par la pluie. Ainsi, le fait qu'ils puissent venir au monde alors que le temps se gâte ne porte pas préjudice au maintien des espèces.

Séance du 1er juillet

Prof. A. Monnier et E. Guyot. Sur quelques dosages volumétriques au moyen du sesquichlorure de titane. — Prof. C.-E. Guye et Ch. Lavanchy. Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein par les rayons cathodiques de grande vitesse.

Prof. A. Monnier et E. Guyot. — *Sur quelques dosages volumétriques au moyen du sesquichlorure de titane.*

Le sesquichlorure de titane est encore peu employé en chimie analytique, où il peut cependant rendre de grands services, grâce à son action réductrice énergique. Nous avons déjà montré qu'il constitue un précieux réactif pour l'analyse qualitative [1]; nous l'avons ensuite appliqué à l'analyse volumétrique, pour le dosage du fer, du cuivre, du chrome et du vanadium. Knecht a proposé, il y a quelques années, son emploi pour le dosage des sels ferriques. En effet, si l'on ajoute une liqueur titrée de chlorure de titane à une solution d'un sel ferrique, il est réduit immédiatement et le liquide se décolore. L'inconvénient de ce procédé réside dans la difficulté de connaître le point exact où la réaction est terminée, sans ajouter un excès de la solution titrée. Nous sommes arrivés

[1]) *Annales Ch. Anal.* Paris, 1915, XX, p. 1.

à perfectionner cette méthode par l'emploi d'indicateurs très sensibles qui permettent de percevoir avec la plus grande netteté la fin de la réaction. Nous utilisons, dans ce but, certaines matières colorantes solubles dans l'eau, telles que le bleu de méthylène, les safranines, les indulines, le carmen d'indigo, etc.

Pour le dosage du fer, nous employons comme indicateur une solution de bleu de méthylène; 50 ou 100 cm³ de la liqueur dans laquelle on veut doser le fer, sont acidulés fortement par l'acide chlorhydrique et additionnés de 2 ou 3 gouttes de l'indicateur; on chauffe au bain-marie et on laisse couler la solution titrée de titane jusqu'à ce qu'une goutte amène la décoloration complète du liquide. Pour éviter l'action oxydante de l'air, on opère dans un courant d'acide carbonique.

En prenant les précautions nécessaires, cette méthode donne des résultats aussi exacts que la méthode classique au chlorure stanneux et elle est d'une manipulation plus simple, car elle n'exige pas de titrages en retour.

On prépare une solution de sesquichlorure de titane à 0,8 % environ, que l'on place dans un appareil de Frésénius, permettant la conservation de la solution à l'abri de l'air; (c'est l'appareil qui sert à conserver la solution de chlorure stanneux). On détermine le titre de la liqueur avec une solution de chlorure ferrique de titre connu. On opère ensuite les dosages à effectuer dans les mêmes conditions, en employant autant que possible les mêmes quantités de liquide pour chaque essai et le même nombre de gouttes d'indicateur.

Dès qu'il n'y a plus de sel de fer au maximum dans la solution, la matière colorante est réduite; le chlorure ferreux est sans action sur le bleu de méthylène.

Dosage du chrome. — Les chromates, en solutions acides sont immédiatement réduits par le chlorure de titane, à l'état de sels chromiques. On peut donc doser le chrome dans les solutions de chromates, en opérant exactement comme pour le dosage du fer et en employant le même indicateur; le virage est très net. On détermine le titre de la solution de titane avec une dissolution de bichromate de potasse d'un titre connu. Cette méthode permet de doser avec une grande exactitude de très petites quantités de chrome.

Dosage du cuivre. — Les sels cuivriques sont réduits à chaud, dans les solutions chlorhydriques ou sulfuriques à l'état de sels cuivreux. Pour le dosage de ce corps, on ne peut pas employer le bleu de méthylène comme indicateur, car il est décoloré avant la réduction du cuivre. Cette particularité permet de doser le fer en présence du cuivre. Pour titrer le cuivre, nous avons choisi, comme indicateur, des matières colorantes, telles que les safranines et les indulines, qui ne sont décolorées qu'après la réduction

du cuivre. En opérant par comparaison avec des solutions titrées de sels ferriques et cuivriques, nous sommes arrivés à doser exactement le fer et le cuivre contenus dans une solution, sans qu'il soit nécessaire de les séparer préalablement.

Prof. C.-E. GUYE et Ch. LAVANCHY. — *Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein par les rayons cathodiques de grande vitesse.*

Il y a quelques années, M. Guye a indiqué une méthode particulièrement appropriée à l'étude de la variation d'inertie des électrons en fonction de la vitesse. Cette méthode, dite des *trajectoires identiques*, a fait l'objet d'une première étude expérimentale en collaboration avec M. Ratnowsky. Les résultats de cette étude avaient conduit aux conclusions suivantes : la formule d'Abraham ne paraissait pas admissible, mais les écarts avec la formule de Lorentz, quoique rentrant dans la limite des erreurs, atteignaient 1 à 2 %.

Comparaison des résultats préliminaires [1] *avec la formule de Lorentz-Einstein*

β	$\frac{\mu}{\mu_0}$ observé	$\frac{\mu}{\mu_0}$ théorique	Δ
0.2279	—	1.027	—
0.2581	1.041	1.035	+ 0.006
0.2808	1.042	1.042	± 0.000
0.3029	1.046	1.049	− 0.003
0.3098	1.048	1.052	− 0.004
0.3159	1.054	1.054	± 0.000
0.3251	1.059	1.058	+ 0.001
0.3302	1.063	1.060	+ 0.003
0.3356	1.060	1.062	− 0.002
0.3433	1.066	1.065	+ 0.001
0.3462	1.065	1.066	− 0.001
0.3551	1.070	1.069	+ 0.001
0.3630	1.067	1.073	− 0.006
0.3813	1.079	1.082	− 0.003
0.3894	1.085	1.086	− 0.001
0.4164	1.104	1.100	+ 0.004
0.4703	1.137	1.133	+ 0.004
0.4829	1.139	1.142	− 0.003

[1]) Le tableau complet des résultats sera publié ultérieurement, avec le détail des expériences et des calculs.

D'autre part, les critiques sérieuses dont le travail de M. Hupka, en apparence beaucoup plus précis, a été l'objet[1]), ont engagé M. Guye à reprendre une nouvelle série de mesures par la méthode des trajectoires identiques, mais en y introduisant des perfectionnements importants de façon à en augmenter beaucoup la précision. En particulier l'enregistrement photographique a remplacé l'observation directe, ce qui permet d'opérer rapidement et a le très grand avantage d'éliminer en grande partie les erreurs qui peuvent résulter des variations de dureté du tube. Pour l'exécution de ce second travail, M. Guye s'est adjoint comme collaborateur M. Ch. Lavanchy, et ce sont les conclusions très précises auxquelles cette étude a conduit que les auteurs présentent aujourd'hui à la Société de Physique et d'Histoire Naturelle.

Les résultats obtenus jusqu'ici sont résumés dans le tableau de la page précédente, qui vérifie d'une façon tout à fait remarquable la formule de Lorentz Einstein sur la variation d'inertie en fonction de la vitesse.

[1]) W. Heil. Discussion der Versuche über die träge Mussc bewegter Elektronen. *Ann. der Physik,* 1910, t. XXXt, p. 519.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 17 février 1915.

A. Burdet. Observations ornithologiques des deux dernières années.

A. BURDET. — *Observations ornithologiques des deux dernières années.*

L'auteur depuis fort longtemps s'attache à photographier les oiseaux dans la nature ; il est un des premiers qui ait réussi à photographier des nids habités ; mais souvent il a dû user de véritables ruses d'Indiens pour pouvoir approcher de certaines espèces farouches.

Il se trouvait, il y a très peu de jours, à Vermala sur Sierre (1680 m. d'altitude) et fut intrigué par des allées et venues d'un petit oiseau qu'on lui dit être le *pinson des neiges.* Ayant réussi à le photographier, il a pu le déterminer grâce à l'ouvrage de Fatio ; il s'agit de l'alouette calandre *(Melanocorypha Calandra),* originaire du Midi et qu'on peut s'étonner de trouver dans le Valais, car il est très rare chez nous. Il serait intéressant de faire des recherches pour savoir si on le trouverait ailleurs dans notre pays. Malgré la neige, — il y en a un mètre — M. Burdet a vu à Vermala de nombreux becs-croisés, alouettes, pinsons, etc.

Le phare de Terschelling, sur le Zuyderzée, a été muni tout autour d'échelles où les oiseaux vont se poser lors de leurs migrations. Il y a juste un an, on a pu en compter, en une seule nuit, 30 000. Depuis la mobilisation, les feux étant éteints, les oiseaux s'approchent avec plus de confiance du phare qui leur offre un abri sûr pour se reposer.

Sur l'île Rottum, à la frontière allemande, on voit des colonies immenses de goélands argentés, et de sternes. Ces sternes déposent leurs œufs sur le sable ; or en juin dernier, des navires de guerre allemands sont venus faire des exercices de tir dans ces parages. Le bruit de la canonnade a effrayé les sternes qui sont parties subitement pour une destination inconnue, abandonnant leurs œufs.

M. Burdet présente ensuite une série d'oiseaux chanteurs : le

gobe-mouches gris, le gobe-mouches noir et blanc; la bergeronnette jaune, qu'il ne faut pas confondre avec celle qu'on nomme chez nous le hoche-queue ou la lavandière; la rousserole-verderolle des marais, dont le chant est bien plus mélodieux que celui des deux autres rousseroles. Le cliché montre cet oiseau occupé à nettoyer son nid, opération hygiénique que font presque tous les oiseaux. Puis c'est la locustelle tachetée, dont le chant rappelle le cri des sauterelles et des criquets; la mésange à moustache, — la moins mésange des mésanges — qui fait son nid à terre, dans les plantes des bords de l'eau, qui ne chante pas mais pousse de petits sons métalliques; cet oiseau est remarquable par la couleur bleue de ses yeux. Puis on voit la rousserolle effarvate, nourrissant un jeune coucou plus gros qu'elle et se plaçant pour cela sur le dos de son nourrison. Le pic-vert nourrit ses petits en dégorgeant ce qu'il a préalablement avalé.

On passe ensuite aux oiseaux de proie nocturnes. Exceptionnellement, le moyen-duc fait son nid à terre; c'est avec beaucoup de difficultés que cette photographie a été prise. Plusieurs projections montrent les déjections de ces hiboux; ce sont des ossements de souris et de rats en quantité, des crânes de moineaux; documents précieux pour justifier la protection des hiboux comme oiseaux utiles à l'agriculture.

Le hibou brachyote est un oiseau qui ne craint pas de s'attaquer à l'homme, quand celui-ci s'approche de son nid. La femelle pond jusqu'à dix œufs et les couve aussitôt; on trouve ainsi souvent dans le même nid des petits dont l'âge varie de un à vingt jours.

La chouette chevêche photographiée par M. Burdet a choisi un terrier de lapin pour y nicher et y élever ses petits; une grive et deux souris attendent de servir de déjeuner à la petite famille qui paraît repue.

Dans le monde des échassiers, voici le vanneau, dont le plumage est différent pour le mâle et la femelle; l'huitrier; les cigognes, rarement photographiées de très près. La mère cigogne donne à boire à ses petits; elle a été prendre de l'eau à l'étang voisin et la rend toute claire aux petits insatiables.

Le butor, échassier très farouche, qu'on voit rarement, mais qu'on entend souvent, très difficile à photographier en liberté. Sur le lac de Harden, avec ses beaux nénuphars, vivent des colonies de spatules blanches, fort gracieuses.

L'auteur termine en présentant des photographies qui montrent comment il s'y prit pour kodaquer un nid de grèbe huppé *(podiceps cristatus)*. Il fallut transformer un bateau en une sorte de buisson de roseaux, que tous les jours on avançait un peu vers le nid, jusqu'au moment où assez près, il put, caché dans la broussaille, observer cet oiseau et le prendre dans des poses variées.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

GÉOLOGIE

U. Grübenmann. — Rob. Moser. — Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie V Lieferung. 1915, 423 p., 1 carte. Librairie Francke à Berne.

La commission géotechnique suisse, dans le but d'éclairer l'exploitation des matières premières existant en Suisse, a commencé, il y a quelques années déjà, la publication de gros volumes consacrés à l'étude et la description de l'une ou l'autre catégorie de ces matières.

Cette année a paru le tome V ce cette série géotechnique, qui est consacré à la description des exploitations de pierres de construction et d'ardoises. De nombreux collaborateurs ont contribué à réunir les multiples documents très variés nécessaires à cette publication, qui ont été ensuite classés et compulsés par MM. Grübenmann et Niggli.

Le volume débute par un chapitre géographique-géologique, dans lequel les diverses régions de la Suisse sont envisagées successivement au point de vue de leurs richesses en matériaux de construction. Ainsi sont décrites d'abord les carrières du Jura septentrional, du Randen à la Birse, où les calcaires du Trias moyen, les couches échinodermiques et oolithiliques du Jurassique moyen et les calcaires du Jurassique supérieur, fournissent les meilleurs matériaux. Dans les chaînes jurassiennes depuis l'Argovie jusque dans le Jura vaudois les carrières abondent, spécialement dans le Muschelkalk, le Lias et le Dogger pour le Jura oriental, dans le Jurassique supérieur un peu partout, dans l'Urgonien, l'Hauterivien supérieur et le Valangien pour le Jura neuchâtelois et vaudois.

Les exploitations des grès de la molasse sont envisagées à leur tour, puis viennent quelques indications sur les matières premières exploitées dans les régions alpines : calcaires, grès et conglomérats, schistes ardoisiers et calcschistes, roches cristallines. Dans les Alpes à facies helvétiques on emploie surtout comme calcaires

les couches supracrétaciques de Seewen, l'Urgonien, les couches de Drusberg et le Kieselkalk de l'Hauterivien, puis les calcaires du Jurassique supérieur. Dans les régions à facies préalpins on exploite, à côté des calcaires suprajurassiques, ceux du Dogger, du Lias et même du Trias (Saint-Triphon).

Dans les Alpes cristallines on se sert surtout des calcaires marmorisés comme pierre décorative. Les exploitations de grès dans les régions alpines sont d'importance secondaire. Quant aux carrières d'ardoises elles ont au contraire, au moins en partie, une valeur considérable; elles se répartissent essentiellement entre le Flysch des Alpes glaronnaises, celui de la chaîne du Niesen et les schistes carbonifériens du Valais. Enfin les roches granitiques et gneissiques des Alpes centrales et méridionales sont exploitées en de nombreux points comme pierre à bâtir, ceci tout particuculièrement dans le Tessin, le long de la ligne du Gothard.

La seconde partie du livre, redigée spécialement par M. Grübenmann, commence par un exposé des méthodes suivies pour examiner les diverses roches et des principaux résultats obtenus. L'auteur a d'abord fait de nombreux essais de dureté, en opérant spécialement sur les grès de la molasse. Il a fait une longue série d'analyses microscopiques pour déterminer la composition minéralogique et la structure soit des différents types de molasse, soit de divers calcaires, soit de schistes ardoisiers, soit de roches cristallines granitiques, gneissiques ou autres.

Outre ces recherches dirigées par M. Grübenmann, l'Institut pour l'étude de la résistance des matériaux de l'école polytechnique fédérale a soumis les nombreux matériaux qui lui ont été fournis à des essais variés pour déterminer la densité des roches, leur pouvoir d'absorption d'eau, leur porosité, leur résistance à la pression à l'état sec et à l'état humide, leur résistance à la flexion, à l'usure, à l'actión du gel.

Vient ensuite la partie la plus volumineuse du livre, qui comprend un tableau de toutes les roches exploitées en Suisse comme pierre de construction ou comme ardoise, chaque exploitation étant définie aussi exactement que possible quant à son passé, son débit moyen, les qualités particulières de ses produits.

La dernière partie du volume, rédigée par M. Robert Moser, est d'ordre économique et historique. L'auteur y fait ressortir le fait que la Suisse, au lieu de tirer parti méthodiquement de ses richesses en matériaux de construction, est tributaire pour des sommes considérables de l'étranger, même pour cette branche de l'industrie. Il prouve, par de nombreux exemples pris dans les constructions anciennes, que beaucoup de nos pierres de taille peuvent être considérées comme de très bonne qualité, lorsqu'elles sont employées rationnellement. Il recherche les causes du développe-

ment incomplet de l'industrie des carrières en Suisse et les trouve dans un manque de méthode, dans une dispersion désordonnée des efforts, dans l'emploi de moyens d'extraction archaïques et en partie aussi dans les tarifs défavorables de nos chemins de fer. Dans cette dernière partie, les architectes et les ingénieurs trouveront de nombreux renseignements utiles sur les matières premières qu'ils ont à employer : en la lisant, ils seront peut-être encouragés à faire un plus large usage des matériaux que peuvent lui fournir les carrières suisses.

Nous félicitons la Commission géotechnique de la *Société helvétique des Sciences naturelles* pour cette belle contribution à l'étude des richesses naturelles de la Suisse.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1915

Le 1, pluie à 7 h. du matin et dans la nuit.
2, forte bise de 1 h. à 7 h. du soir.
3, violente bise de 7 h. du matin à 7 h. du soir.
8, pluie à 7 h. du matin, de 8 h. 15 à 10 h. du soir et dans la nuit.
9, nombreux éclairs à l'E., dès 9 h. du soir; orage et pluie dans la nuit.
10, orage au S.-E., à 9 h. 05 du matin; pluie de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
11, rosée le matin.
12, fort vent de 1 h. à 4 h. du soir.
13, pluie à 7 h. et 11 h. 30 du matin et de 5 h. 30 à 9 h. du soir; orages à 5 h. 10, 6 h. 15 et 7 h. 45 du soir.
15, légère rosée le matin; pluie à 1 h. et de 5 h. 20 à 10 h. du soir.
16, pluie dans la nuit.
17, orage dans la nuit; pluie à 7 h. du matin, à 2 h. 45 du soir et dans la nuit; orages à 9 h. et à 11 h. 55 du matin.
19, forte bise de 10 h. du matin à 2 h. du soir.
20, rosée le matin.
23, orage à 3 h. 50 du soir; pluie de 4 h. 50 à 10 h. du soir et dans la nuit.
24, pluie dans la soirée.
27, fort vent de 1 h. à 10 h. du soir; pluie de 4 h. 45 à 7 h. du soir et dans la nuit.

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm +							Vent					Nébulosité				Durée d'insolation	Pluie	
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.		Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	26.3	27.1	30.9	27.59	+ 0.23	25.6	31.8	NW. 1	E. 1	NW. 1	NNE. 1	3.8	9	9	9	9	3.9	2.0	2
2	31.9	31.1	31.2	31.44	+ **4.05**	30.7	32.0	S 1	NE. 2	NNE. 1	NNE. 1	8.6	6	7	6	5	11.6	....	....
3	30.6	29.2	28.9	29.73	+ 2.32	28.4	31.1	NNE. 2	NNE. 1	NE. 1	NNE. 3	**26.5**	1	0	0	0	11.4	....	...
4	28.5	27.1	27.2	27.70	+ 0.26	26.4	30.0	SSE. 1	NNE. 1	NNW. 0	NNE. 1	3.8	0	0	1	1	13.9	....	....
5	28.4	28.3	28.8	28.26	+ 0.80	27.6	28.9	NNE. 1	SW. 1	NE. 0	SW. 1	3.1	2	7	5	4	12.5	....	...
6	29.1	27.7	26.7	27.87	+ 0.38	26.5	29.1	NNE. 1	NNE. 1	SSW. 1	NNE. 1	1.8	1	9	1	5	10.3	....	....
7	28.5	27.8	28.7	27.95	+ 0.44	26.4	29.1	SSW. 1	SW. 2	SSW. 1	SW. 1	3.4	8	3	0	3	11.0	....	....
8	30.0	29.0	30.1	29.27	+ 1.73	28.1	30.3	NNE. 1	SSE. 1	SSW. 1	calme	1.1	10	9	10	9	7.1	1.9	2
9	29.7	28.9	29.2	29.12	+ 1.56	27.8	29.9	SW. 1	NNW. 1	SSW. 1	calme	1.3	9	2	5	6	6.5	5.3	3
10	28.8	28.5	29.0	28.67	+ 1.09	28.3	29.1	SW. 1	SW. 1	NE. 1	calme	1.1	9	10	2	7	2.9	2.6	3
11	28.5	27.1	26.7	27.62	+ 0.02	26.1	29.0	SSW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	3.1	0	1	0	0	13.1	....	....
12	26.7	26.6	25.5	26.33	- 1.30	25.1	26.9	S. 1	SSW. 2	NE. 1	SSW. 1	5.2	2	1	0	1	14.3	....	....
13	25.0	22.5	21.9	**23.37**	- **4.28**	**18.3**	25.1	NE. 1	SE. 1	SSW. 1	var.	2.3	10	9	10	9	3.3	8.1	5
14	26.0	27.7	26.1	25.89	- 1.78	22.6	27.8	SSW. 2	NE. 1	SW. 1	SW. 1	4.0	9	9	0	5	6.7	....	....
15	24.6	21.1	25.2	24.78	- 2.91	23.5	26.2	SW. 1	SW. 1	NW. 1	SSW. 1	7.0	9	10	10	9	1.4	4.1	5
16	25.1	24.4	23.8	24.52	- 3.19	23.7	25.4	NE. 1	SSW. 2	SW. 1	SSW. 1	3.8	8	7	0	6	10.2	0.1	1
17	23.0	22.4	26.0	23.65	- 4.08	22.0	27.3	SE. 0	NW. 1	SW. 1	SW 1	7.3	9	5	4	6	4.8	10.6	7
18	29.7	31.3	32.3	30.35	+ 2.61	27.3	32.8	SE. 1	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 1	7.0	8	3	0	4	9.7	....	....
19	33.0	31.6	30.8	**31.74**	+ 3.98	30.3	**33.0**	NE. 1	NNE. 2	N. 1	NNE. 1	6.4	0	0	0	0	**14.6**	....	....
20	29.8	28.2	28.4	28.95	+ 1.17	27.6	30.6	SSW. 1	W. 2	SW. 0	SSW. 1	2.5	0	0	2	1	14.5	....	....
21	28.6	27.7	28.3	28.13	+ 0.34	27.3	28.7	NE. 1	NW. 1	SE. 1	calme	1.1	9	1	2	6	10.1	....	....
22	28.3	26.6	25.5	26.93	- 0.88	25.2	28.5	SE. 1	SW. 1	E. 0	SSW. 1	4.0	1	1	0	0	14.3	....	....
23	24.8	23.2	27.1	24.82	- 3.00	23.0	27.1	SE. 0	SW. 2	SE. 1	SW. 1	6.3	1	9	10	8	7.0	**32.7**	**9**
24	25.6	24.3	23.3	24.70	- 3.14	23.1	26.5	SSE. 1	SSE. 1	NNW. 1	SSE. 1	4.1	5	8	10	8	4.2	0.9	1
25	25.2	26.0	25.4	25.00	- 2.85	22.7	26.1	SW. 1	W. 1	SE. 1	SW. 1	5.0	8	3	10	8	8.4	....	....
26	26.0	26.3	26.4	25.87	- 1.99	24.8	26.8	SSW. 2	SSW. 1	N. 1	SSW. 1	4.4	9	7	9	7	3.8	....	....
27	25.7	24.8	26.5	26.07	- 1.80	24.5	27.3	NW. 1	SW. 2	SSW. 2	SSW. 2	18.5	9	2	10	8	6.4	25.8	8
28	31.6	31.8	31.2	30.70	+ 2.81	27.3	32.4	SSE. 2	SW. 1	SSW. 1	SE. 1	6.7	3	2	6	4	11.3	....	....
29	30.8	30.1	28.5	29.97	+ 2.07	28.3	31.3	SSW. 1	NNE. 1	SSW. 0	NNE. 1	3.3	9	1	2	6	7.3	....	....
30	28.2	27.8	28.4	28.00	+ 0.09	27.2	28.7	SE. 1	NNW. 1	E. 1	NNW. 1	4.5	9	6	0	5	10.0	....	....
31	28.1	26.3	25.6	26.84	- 1.08	25.0	28.5	NE. 1	NNW. 1	SW. 1	NNW. 1	4.8	1	4	0	1	13.9	....	....
Mois	27.94	27.27	27.51	27.48	- 0.17							5.37	5.6	4.8	1.0	4.9	281.0	94.1	46

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+11.6	+16.8	+15.0	**+13.91**	**− 4.31**	+ 9.0	+17.8	93	72	76	81	+12	61	97	12.3	− 4.6	1715
2	12.9	19.2	17.0	15.84	− 2.41	10.8	21.8	99	61	70	80	+11	52	100	14.5	− 2.5	1725
3	16.6	21.2	18.6	17.92	− 0.42	13.8	22.2	73	40	58	63	− 6	35	85	16.5	− 0.6	1735
4	16.6	21.7	20.0	18.14	− 0.26	10.8	23.8	72	54	78	71	+ 2	50	92	—	—	1675
5	20.0	27.9	22.3	22.84	+ 1.39	16.0	**29.4**	72	39	77	61	− 4	37	87	18.3	+ 1.1	1625
6	19.6	24.1	23.4	21.40	+ 2.90	14.8	27.0	77	59	52	70	+ 2	50	92	18.5	+ 1.2	1630
7	22.2	28.0	22.7	**23.10**	**+ 4.56**	17.3	28.8	41	32	50	**45**	**−23**	30	61	17.0	− 0.4	1620
8	18.1	23.7	18.0	20.17	+ 1.58	15.5	26.3	72	60	83	71	+ 3	48	92	17.0	− 0.5	1625
9	17.9	21.1	20.0	19.30	+ 0.67	15.5	25.5	85	65	74	76	+ 8	61	93	15.5	− 2.1	1625
10	16.7	18.8	17.3	17.64	− 1 03	14.8	22.3	94	83	88	**87**	**+19**	66	97	14.5	− 3.1	1615
11	15.2	23.9	17.5	18.41	− 6.29	11.0	25.0	92	39	66	65	− 3	37	95	—	—	1685
12	19.7	25.2	20.2	20.04	+ 1.31	10.9	26.3	55	42	68	57	−11	35	82	15.3	− 2.5	1665
13	16.8	23.0	16.2	17.98	− 0.78	14.5	24.3	82	74	73	75	+ 7	57	96	14.0	− 3.8	1670
14	14.2	16 0	14.8	15.91	− 2.85	13.0	20.4	76	62	67	66	− 2	45	83	11.5	− 6.4	1640
15	14.0	18.8	14.1	14.71	− 4.10	8.8	21 3	78	53	90	78	+10	48	95	14.5	− 3.5	1720
16	15 1	23.4	20.2	18.63	− 0.20	12.2	25 3	84	52	66	72	+ 4	49	95	11.7	− 6.3	1695
17	17.7	19.6	17.2	18.50	− 0.35	15.8	22.2	85	85	57	73	+ 5	54	88	11.7	− 6.4	1700
18	15.1	17.9	14.0	15.51	− 3.36	12.4	19.7	78	44	58	64	− 4	40	91	—	—	1775
19	13.2	17.8	15 9	14.76	− 4.12	**8.0**	20.0	73	49	71	64	− 4	36	88	14.5	− 3.7	1705
20	14.0	25.7	19.6	18.06	− 0.83	**8.0**	27.2	72	38	61	62	− 6	**29**	91	15.7	− 2.6	1735
21	17.2	26.0	18.2	19.76	+ 0.87	12.4	27.0	67	48	69	63	− 5	36	90	16.5	− 1.8	1720
22	16.9	25.7	21.0	19 84	+ 0.94	11.0	27.5	77	44	68	61	− 4	35	94	17.0	− 1.4	1720
23	21.3	26.0	15.6	20.19	+ 1.29	16.5	28.4	71	53	86	73	+ 5	49	95	17.3	− 1.1	1690
24	14.2	20.2	16.0	16.36	− 2.53	12.0	22.0	93	54	75	78	+10	50	95	15 5	− 3 0	1720
25	16.4	19.6	16.8	17.01	− 1.88	13.0	20.8	69	50	62	64	− 4	45	91	—	—	1725
26	16.2	22.8	18.0	18.34	− 0.54	13.0	24.3	64	58	80	67	− 1	54	87	11.7	− 6.8	1735
27	16.8	25.8	19.5	18.86	− 0.01	12.8	28.0	82	50	78	78	+10	48	94	15.0	− 3.6	1725
28	16.1	21.2	17.5	17.87	− 0 98	13.5	22.9	74	41	74	69	+ 1	37	95	14.5	− 4.1	1825
29	13.7	17.6	16.7	15.61	− 3.23	11 5	19.8	83	56	80	74	+ 6	52	91	13.3	− 5.3	1835
30	16 0	18.9	17.0	16 78	− 2.04	12.8	21.0	88	52	66	69	+ 1	40	92	16.3	− 2.4	1815
31	+14.2	+19.3	+15.9	+15.80	− 2·99	+ 8.8	+21.6	80	53	73	69	+ 1	35	94	17.5	− 1.2	
Mois	+16.33	+21.85	+17.87	+18.04	− 0.77	+12.59	+23.87	77	54	71	70	+ 2			15.10	− 2.99	1743

MOYENNES DE GENÈVE. — JUILLET 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc	28.78	28.74	29.17	29.00	28.47	28.23	28.52	29.18	28.76
2e »	26.93	26.70	27.14	27.06	26.58	26.18	26.19	26.98	26.72
3e »	27.15	27.04	27.54	27.49	26.82	26.35	26.60	27.03	27.00
Mois	27.60	27.48	27.94	27.84	27.27	26.90	27.09	27.71	27.48

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+15.21	+14.49	+17.22	+20.00	+22.28	+23.19	+21.50	+18.32	+19.03
2e »	13.41	12.46	15.50	18.74	21.13	21.45	19.26	16.08	17.25
3e »	14.44	12.98	16.27	19.35	22.10	21.73	19.28	16.71	17.86
Mois	+14.36	+13.30	+16.33	+19.36	+21.85	+22.11	+19.99	+17.03	+18.04

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	84	86	78	67	56	57	63	75	71
2e »	82	85	77	63	54	50	59	71	68
3e »	86	89	77	65	51	52	63	75	70
Mois	84	87	77	65	54	53	62	74	70

Dans ce mois l'air a été calme 59 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{65}{89} = 0.73$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	27.58
Nébulosité	4.8
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+18°.68
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+18°.48
Fraction de saturation........	67 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	27.65
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.4
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	70.8
Nombre de jours de pluie. (id.).	9
Température moyenne... (id.).	+18°.81
Fraction de saturat. (1849-1875).	68 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBESY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	119.8	91.0	98.6	102.9	76.7	112.9	98.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	105.1	94.1	93.0	83.0	91.7	104.1

Insolation à Jussy : ? h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1915

Les 1 et 25, neige.
1, 2, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 23, 24, 27 et 30, pluie.
1, 2, 14, 17, 18, 26 et 30, brouillard.
1, 2, 18 et 30, très forte bise.
Le 25, très fort vent.
13, orage et grêle.
7, dégel complet du lac.

GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	62.9	65.1	67.9	65.3	− 2.6	**62.7**	68.4	NE. 4	NE. 2	NE. 4	NE. 3	10	10	10	10	0.5	....
2	69.0	69.6	70.2	69.6	+ 1.7	68.1	70.4	NE. 3	NE. 3	NE. 4	NE. 3	10	7	10	9	8.2	....
3	69.8	70.5	70.7	70.3	+ 2.3	68.8	70.8	NE. 2	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	2.0	....
4	70.0	70.3	71.1	70.5	+ 2.5	70.0	71.3	SW. 1	SW. 1	NE. 0	SW. 1	0	2	0	1	....	....
5	71.1	71.8	72.5	71.8	+ 3.7	71.0	72.5	NE. 0	NE. 1	NE. 0	calme	0	2	1	1	....	....
6	72.1	71.8	72.1	72.0	+ **3.9**	71.5	72.2	SW. 0	SW. 1	NE. 1	var.	2	2	2	2	....	....
7	72.0	72.3	72.0	**72.1**	+ **3.9**	71.8	72.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	9	10	1	7	0.8	....
8	71.4	70.2	71.6	71.1	+ 2.9	69.8	71.8	SW. 1	SW. 0	SW. 0	calme	7	10	10	9	....	....
9	70.7	70.9	71.1	70.9	+ 2.6	70.6	71.4	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	5	4	10	6	....	....
10	70.1	69.4	69.5	69.7	+ 1.4	69.1	71.0	SW. 0	SW. 0	SW. 0	calme	7	10	10	9	1.3	....
11	68.3	68.3	68.3	68.3	0.0	68.2	69.4	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	0	0	1	0	....	....
12	67.7	68.6	68.8	68.4	0.0	67.6	68.9	SW. 0	NE. 1	NE. 0	calme	0	0	0	0	....	....
13	68.6	68.1	63.4	66.7	− 1.7	63.0	69.2	NE. 0	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	....	....
14	64.5	66.0	66.6	65.7	− 2.8	64.1	66.8	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	10	10	0	7	....	....
15	65.3	64.6	65.0	65.0	− 3.5	64.2	66.8	SW. 1	SW. 2	SW. 0	SW. 1	9	10	10	10	1.5	....
16	65.3	66.7	67.7	66.5	− 2.0	64.4	67.9	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	3	1	2	0.1	....
17	67.2	66.0	66.2	66.5	− 2.1	65.8	68.0	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	10	10	10	10	7.5	....
18	66.4	68.0	69.6	68.0	− 0.6	66.1	69.6	NE. 4	NE. 4	NE. 3	NE. 4	10	8	10	9	....	....
19	69.6	70.6	71.2	70.5	+ 1.9	69.4	71.3	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	12.3	....
20	70.4	70.4	71.0	70.6	+ 1.9	70.2	71.2	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	0	1	0	0	6.5	....
21	69.6	69.6	69.8	69.7	+ 1.0	69.4	70.9	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	8	4	10	7	....	....
22	69.4	69.7	70.2	69.8	+ 1.1	69.0	70.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	1	9	3	4.4	....
23	69.0	68.8	67.5	68.4	− 0.3	67.1	70.3	NE. 1	SW. 1	SW. 0	var.	10	9	10	10	10.6	....
24	65.2	64.7	64.0	**64.6**	− **4.2**	63.7	67.3	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	7	10	7	18.0	....
25	64.0	65.2	65.4	64.9	− 3.9	63.4	65.5	NE. 1	NE. 1	SW. 4	var.	10	5	6	7	....	....
26	65.5	67.0	68.8	67.1	− 1.7	65.2	69.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	8	9	9	....	....
27	69.3	75.4	72.0	72.2	+ 3.1	69.0	**75.5**	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	6	10	10	9	**30.8**	....
28	70.2	71.2	71.5	71.0	+ 2.2	69.7	71.6	NE. 1	NE. 1	SW. 2	NE. 1	9	6	0	5	....	....
29	70.5	70.0	69.4	70.0	+ 1.2	69.1	71.5	SW. 1	NE. 1	NE. 0	var.	10	3	5	6	1.6	1
30	67.5	67.0	67.2	67.2	+ 1.7	66.6	69.1	NE. 1	NE. 0	NE. 3	NE. 1	10	10	10	10	....	....
31	66.8	67.0	67.7	67.2	+ 1.7	66.5	67.9	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	1	2	0	1		
Mois	68.37	68.86	69.03	68.75	+ 0.27							5.7	5.5	5.6	5.6	106.1	1

GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1915

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 1.8	+ 0.2	+ 0.4	− **0.4**	− 5.8	− **2.1**	+ 3.2	94	94	94	94	86	97
2	+ 1.3	4.3	1.8	2.5	− 3.0	+ 0.3	4.8	93	72	94	86	63	96
3	3.0	9.7	6.8	6.5	+ 1.0	1.2	10.4	66	59	85	70	45	91
4	6.3	11.0	8.7	8.7	+ 3.1	5.8	13.1	73	56	79	69	40	84
5	7.6	14.0	9.4	**10.3**	+ **4.7**	7.2	**16.0**	67	55	76	66	34	78
6	9.2	12.3	8.8	10.1	+ 3.1	9.0	15.2	72	62	93	76	44	96
7	7.9	11.6	10.9	10.1	+ 3.1	7.9	14.7	93	59	67	73	41	97
8	7.7	9.6	6.9	8.1	+ 2.3	7.4	11.8	93	78	92	88	63	95
9	7.1	9.2	7.2	7.8	+ 2.0	7.0	10.9	78	72	86	79	64	88
10	7.9	7.5	5.2	6.9	+ 1.0	4.0	9.0	72	85	93	83	58	96
11	3.8	9.8	6.1	6.6	+ 0.7	2.8	11.6	75	71	75	74	54	91
12	6.0	12.2	8.3	8.8	+ 2.8	4.8	12.5	46	48	53	**49**	26	61
13	9.8	9.3	6.6	8.6	+ 2.6	8.8	11.1	62	87	94	81	14	97
14	1.3	5.0	4.6	3.6	− 2.5	1.1	5.7	96	95	54	82	33	98
15	5.6	7.2	2.7	5.2	− 0.9	2.6	7.5	53	58	93	68	32	95
16	4.2	9.4	7.6	7.1	+ 1.0	2.5	10.0	82	59	74	72	44	87
17	5.3	7.2	+ 3.5	5.3	− 0.9	+ 2.3	8.1	93	88	87	89	64	96
18	0.8	1.1	− 1.2	0.2	− **6.0**	− 1.4	2.3	95	96	90	94	66	97
19	0.5	6.8	+ 6.0	4.4	− 1.8	− 1.8	9.1	51	54	58	54	12	86
20	7.4	13.0	8.0	9.5	+ 3.2	+ 5.8	14.1	42	50	80	57	18	82
21	6.0	11.3	6.8	8.0	+ 1.7	5.8	12.2	80	68	96	81	57	98
22	5.8	10.9	8.1	8.3	+ 2.0	4.7	13.0	76	59	92	76	42	97
23	6.8	9.9	5.1	7.3	+ 1.0	3.7	10.2	91	80	96	89	66	98
24	3.2	5.1	3.4	3.9	− 2.4	2.6	6.8	76	85	96	86	52	98
25	1.2	4.2	6.5	4.0	− 2.4	1.0	7.4	94	87	47	76	27	96
26	3.1	7.6	6.6	5.8	− 0.6	2.8	8.6	96	80	59	78	46	98
27	6.8	8.8	7.5	7.7	+ 1.3	6.6	10.0	76	80	89	82	53	92
28	5.0	9.0	8.9	7.6	+ 1.2	4.7	10.5	94	83	39	72	20	96
29	7.6	6.4	6.5	6.8	+ 0.4	5.1	9.2	63	78	72	71	**10**	84
30	3.9	3.6	1.1	2.9	− 3.5	+ 0.4	6.2	95	97	97	**96**	57	100
31	+ 1.2	+ 8.3	+ 6.1	+ 5.2	− 1.2	0.0	+ 10.1	65	57	61	61	36	98
Mois	+ 4.89	+ 8.21	+ 5.96	+ 6.36	+ 0.20	+ 3.63	+ 9.85	77	73	79	76		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	69.91	70.19	70.87	70.32	80	69	86	78
2e »	67.33	67.73	67.78	67.61	69	71	76	72
3e »	67.92	68.69	68.50	68.37	82	78	77	79
Mois	68.37	68.86	69.03	68.75	77	73	79	76

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5.62	+ 8.94	+ 6.61	+ 7.06	+ 6.95
2e »	4.47	8.10	5.22	5.93	5.75
3e »	4.60	7.74	6.05	6.13	6.11
Mois	+ 4.89	+ 8.24	+ 5.96	+ 6.36	+ 6.26

Dans ce mois l'air a été calme 333 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{59}{34} = 1.74$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	105.3	125.7	161.2	187.1
Neige en centimètres....	—	—	—	7

LA

STRUCTURE MOLÉCULAIRE ET LA VIE

Discours d'ouverture

prononcé à la 97e session de la Société helvétique des Sciences naturelles

PAR

Amé PICTET

Président du Comité annuel

De tous les problèmes de la nature, le plus passionnant est sans contredit celui de la vie. Sa solution est du ressort de toutes les sciences physiques et naturelles à la fois, et exigera la mise en œuvre de tous les puissants moyens d'investigation dont elles disposent actuellement. Toutefois, parmi ces sciences, c'est à la biochimie qu'incombe, dans l'œuvre commune, la tâche principale. Il n'est point douteux, en effet, que, sinon la vie elle-même, du moins les phénomènes qu'elle provoque au sein des êtres, ne soient avant tout d'ordre chimique.

Mais la biochimie repose elle-même sur la chimie organique pure. En effet, la condition fondamentale pour pouvoir interpréter sainement un phénomène, est d'avoir une connaissance exacte du milieu dans lequel il se déroule. Or c'est à la chimie organique à nous apporter, dans le cas particulier, cette connaissance, en établissant la nature des matériaux dont sont formés les êtres vivants.

Séparer, purifier, caractériser, analyser les innombrables composés que nous tirons des animaux et des plantes, tel a été le premier objet de la chimie organique. Mais elle ne s'en est

point tenue là ; elle a voulu aller plus loin et connaître ce qu'on appelle la *constitution* de ces corps, c'est-à-dire l'architecture intime de leurs molécules, les positions exactes qu'y occupe chacun de leurs atomes et les relations que ces atomes ont entre eux. Elle y est arrivée dans la très grande majorité des cas, accomplissant ainsi une œuvre immense qui, selon l'expression d'un de nos plus éminents physico-chimistes contemporains, M. Nernst, représente ce que l'intelligence humaine a réalisé jusqu'ici de plus remarquable.

Je me hâte d'ajouter que la somme énorme de travail qu'ont coûté ces recherches n'a pas eu sa source unique dans l'intérêt spéculatif qui s'attache à toute connaissance nouvelle. Les chimistes qui ont ainsi disséqué toutes les molécules organiques, qui ont dressé les plans de ces édifices minuscules, ont été poussés par deux autres mobiles, d'ordre plus immédiat.

D'abord par l'attrait de la *synthèse*. Il est acquis que la reproduction artificielle d'un composé naturel n'a chance d'aboutir que si la constitution de ce dernier est connue jusque dans ses moindres détails. Toutes les fois que l'on a voulu procéder autrement, mettre, comme on dit, la charrue devant les bœufs, et opérer à tâtons, on n'a enregistré que des insuccès ; l'exemple le plus récent de ce fait nous est fourni par les essais infructueux de fabrication artificielle du caoutchouc.

Les chimistes ont, en second lieu, voué toute leur attention aux questions de constitution, parce qu'ils n'ont pas tardé à reconnaître ce fait fondamental, que toutes les propriétés des composés organiques, propriétés physiques, chimiques et physiologiques, sont en relation étroite avec cette constitution. Ce ne sont point la quantité ni la nature des matériaux employés à la construction d'un bâtiment qui font de celui-ci une église, un théâtre ou une gare de chemin de fer, c'est la seule disposition de ces matériaux ; ce n'est, de même, ni l'espèce ni le nombre des atomes de sa molécule qui font d'un composé organique une matière colorante, un antiseptique ou un parfum, c'est uniquement la manière dont ces atomes sont groupés les uns par rapport aux autres. Connaître ce mode de groupement, ce sera donc posséder le moyen de préparer, à volonté et à

coup sûr, tel composé nouveau donné, à propriétés déterminées d'avance.

Une foule de relations du plus haut intérêt ont ainsi été établies entre la constitution et certaines propriétés, telles que la couleur, le pouvoir tinctorial, la densité, la saveur, le pouvoir rotatoire, l'action pharmacologique, etc. Mais il s'en faut que tous les domaines aient été explorés ; en particulier, aucune tentative n'a encore été faite pour rattacher à la structure des molécules les propriétés d'ordre *biologique*.

C'est ce sujet que je voudrais examiner. Je commence par le délimiter en posant les trois questions suivantes :

1. Existe-t-il une relation entre la constitution chimique d'un corps et le rôle qu'il joue au sein de l'organisme vivant ?

2. Existe-t-il une condition de structure moléculaire qui rende une substance utile, indifférente ou nuisible à l'entretien de la vie, qui en fasse un aliment ou un poison ?

3. Existe-t-il une condition semblable par laquelle la matière d'une cellule vivante se distingue de celle de cette même cellule morte, autrement dit la mort résulte-t-elle d'un changement dans l'architecture des molécules ?

Avant de répondre à ces questions, il me semble utile de préciser sur quel point spécial de la théorie de la constitution mes réponses porteront. Mais rassurez-vous, je me bornerai en cela au strict nécessaire. Il me suffira, du reste, pour les besoins de ma démonstration, de vous rappeler le principe même de la classification organique.

Il a été acquis par cinquante années de patientes recherches que les quelque 150,000 composés organiques que l'on connaît à cette heure, quelque grande que soit leur diversité, appartiennent, au point de vue de leur structure moléculaire, à deux types seulement :

Dans le premier type, les atomes dont ils sont formés, que ce soient des atomes de carbone, d'oxygène ou d'azote, en satisfaisant les unes par les autres tout ou partie de leurs affinités, s'unissent en chaînes plus ou moins longues et à peu près rectilignes. Ainsi se forme la partie centrale de la molécule, une sorte de colonne vertébrale, sur laquelle viennent ensuite se greffer latéralement d'autres groupes atomiques.

Dans le second type, ces mêmes atomes s'unissent sous l'influence des mêmes forces attractives, mais en formant des chaînes qui sont fermées sur elles-mêmes. Le squelette de la molécule n'est dès lors plus un chapelet d'atomes, c'est un anneau. Et sur cet anneau peuvent venir s'appliquer les mêmes groupements périphériques, comme la chair d'un fruit s'applique sur son noyau.

. De là la distinction entre *composés à chaînes ouvertes* et *composés cycliques*. Cette distinction est aujourd'hui à la base même de la classification organique. Elle correspond à ce qu'est, par exemple, en zoologie la division en vertébrés et en invertébrés, et n'est pas sans analogie avec elle, puisqu'elle est basée comme elle sur la conformation du squelette et sur le système de symétrie de l'être, animal ou molécule.

Les deux grandes classes des composés organiques sont séparées, au point de vue théorique, par un large fossé. Mais celui-ci n'est pas infranchissable. Il est possible, dans beaucoup de cas, par des réactions appropriées, d'agir sur les molécules des corps de manière à fermer sur elle-même une chaîne ouverte (c'est la *cyclisation*) ou de rompre une chaîne fermée (opération qu'on pourrait appeler la *cyclolyse*). On peut ainsi passer expérimentalement d'un type à l'autre.

Il est vrai que ce passage est incomparablement plus facile dans un sens que dans l'autre. Un des caractères des chaînes fermées est leur stabilité et il faut un travail chimique toujours considérable pour en disjoindre les chaînons. En revanche, la cyclisation s'opère plus aisément ; elle exige cependant un certain apport d'énergie, nécessité par l'inflexion de la chaîne rectiligne et la soudure de ses deux atomes terminaux. Quelles sont les formes de l'énergie qui pourront fournir ce travail ?

C'est en premier lieu la chaleur. Berthelot l'a montré le premier en faisant passer dans des tubes chauffés au rouge toute une série de substances à chaînes ouvertes. Il a obtenu ainsi de nombreux composés cycliques et, en particulier, la plupart de ceux qui forment par leur mélange le goudron de houille, ce sous-produit de la fabrication du gaz dont la chimie moderne a su tirer tant de précieux dérivés. Berthelot a même établi sur la base de ces expériences sa fameuse théorie de la forma-

tion du goudron. Selon cette théorie, la houille se décomposerait entièrement, au cours de sa distillation, en produits gazeux très simples et à squelette linéaire, produits qui se cycliseraient après coup au contact des parois chaudes des cornues. Nous verrons plus loin ce qu'il faut penser de cette explication.

Mais les composés cycliques ne se trouvent point seulement dans le goudron de houille. On les rencontre dans des matières qui n'ont jamais subi l'action d'une forte chaleur, tels que le pétrole. Ils se trouvent surtout en abondance dans les organismes vivants et, en particulier, dans les végétaux. Ici, l'agent qui a provoqué la cyclisation n'est plus l'énergie calorifique ; il faut le chercher ailleurs et nous l'y trouverons dans un instant.

Mais auparavant, permettez-moi encore une observation. D'après ce que je vous disais tout à l'heure, il semblerait que les propriétés d'un composé organique dussent varier du tout au tout suivant que ce composé appartiendra à la classe des corps à chaînes ouvertes ou à celle des corps cycliques. Or, les observations enregistrées jusqu'ici montrent qu'il n'en est rien. On trouve dans les deux classes des alcools, des acides et des bases, des substances sapides ou odorantes et d'autres qui ne le sont pas, des poisons et des substances inoffensives. L'industrie chimique va puiser indifféremment dans l'une et l'autre classe ses parfums et ses explosifs, et la thérapeutique ses médicaments. Seule la couleur paraît être en rapport avec la structure cyclique, mais dans une certaine mesure seulement.

Il faut en conclure que ces propriétés ne sont que peu ou pas influencées par la conformation du squelette de la molécule ; elles dépendent essentiellement de la nature des groupements périphériques qui entourent ce squelette, et qui peuvent être les mêmes dans les deux cas. C'est là un fait qui paraît étrange ; on comprend difficilement qu'un caractère aussi essentiel, au point de vue théorique, que la structure du squelette n'aît pas sa répercussion dans l'une des propriétés fondamentales de la matière.

Or, et c'est ici qu'interviennent mes observations personnelles, cette anomalie, qui serait inexplicable, n'existe pas en

réalité. Je me crois en mesure d'affirmer, au contraire, qu'il y a tout un ensemble de propriétés fondamentales de la matière qui sont régies par la nature, cyclique ou linéaire, du squelette moléculaire. Ces propriétés sont celles qui entrent en jeu dans toutes les manifestations de la *vie*. C'est ce que je vais essayer de démontrer.

Si l'on veut étudier les phénomènes vitaux dans leur plus grande simplicité, il faut les aller observer, non point chez l'animal, mais chez le végétal. Considérons donc la plante verte, l'organisme auquel est dévolue la tâche de transformer les matériaux minéraux du milieu en matériaux organiques, et finalement en matière vivante, que l'animal n'aura plus ensuite qu'à démolir et à brûler pour utiliser l'énergie qu'ils renferment à l'état potentiel.

Quel est le mécanisme de cette merveilleuse synthèse? Nous ne le savons encore que très imparfaitement. Mais nous connaissons les produits intermédiaires par lesquels elle passe. Ce sont les aldéhydes formique et glycolique, les sucres et l'amidon, les nombreux acides végétaux, l'asparagine, la glycérine, les matières grasses, les lécithines.

Ces substances existent dans toutes les plantes. On constate leur présence dans chaque cellule vivante, à côté des protéines qui sont les constituants essentiels du protoplasma. Elles apparaissent donc bien comme les aliments de cette cellule.

Or, si l'on considère la constitution de ces corps, on est frappé de ce fait, que leurs molécules ne renferment que des chaînes d'atomes ouvertes. Aucun d'eux ne présente la structure cyclique. On constate ainsi une première relation entre la constitution et le rôle des substances végétales. Toutes celles que l'on peut légitimement considérer comme les produits directs et successifs de l'assimilation, toutes celles qui contribuent à l'édification et à l'entretien du protoplasma vivant, appartiennent à la première classe des composés organiques.

Mais ces substances sont loin d'être les seules que nous fournisse le règne végétal. A côté d'elles, la plante en produit une infinie variété d'autres, que l'industrie humaine a été de tout temps y chercher, non plus pour les utiliser comme aliments, mais pour tirer profit de quelqu'une de leurs autres propriétés.

C'est, par exemple, la grande famille des huiles essentielles, des terpènes et des camphres, dont plusieurs représentants constituent nos parfums ou nos condiments les plus appréciés. C'est ensuite la longue série des colorants et des pigments végétaux, depuis la chlorophylle jusqu'à cet intéressant groupe des anthocyanes, ou pigments des fleurs, dont l'étude systématique vient d'être entreprise par notre ancien collègue Willstätter. Ce sont les différentes résines, les caoutchoucs, les tannins, les glucosides, les divers principes amers ou astringents. Ce sont enfin tous ces nombreux composés azotés et basiques que l'on réunit sous le nom d'alcaloïdes et qui, doués pour la plupart d'une action physiologique remarquable sur l'organisme animal, sont devenus nos médicaments les plus précieux.

Le rôle que ces substances jouent dans la plante est-il le même que celui des composés de la première catégorie ? On le croyait généralement autrefois. Beaucoup de physiologistes l'admettent encore aujourd'hui et voient dans ces matériaux des réserves de nourriture, que la plante utilisera, le moment venu, pour l'entretien de ses tissus.

Je ne suis point de leur avis, et cela pour les raisons suivantes : Ces substances ne me semblent point, comme les premières, être indispensables au développement des plantes, puisque beaucoup d'entre elles en sont dépourvues. On ne les trouve pas, comme les autres, emmagasinées dans les semences ou les racines. On ne les rencontre jamais dans la cellule vivante, dont elles semblent exclues, mais bien dans des tissus ou réceptacles spéciaux où elles sont localisées et comme mises à l'écart de la grande voie de la protéinogenèse. On ne les voit pas disparaître, mais au contraire s'accumuler, au cours de la vie de la plante. Ce ne sont donc certainement pas des produits intermédiaires de l'édification du protoplasma vivant. On doit chercher ailleurs que dans un processus d'assimilation la genèse de ces composés qui, sans valeur nutritive pour la plante, sont cependant engendrés par elle en quantités souvent considérables. Quelles sont donc leur origine et leur signification ?

J'ai, il y a quelques années, émis à ce sujet une hypothèse relative spécialement aux alcaloïdes. Cette hypothèse ayant été accueillie avec quelque faveur, je l'étends aujourd'hui à tous

les composés du même ordre. J'admets que, loin d'être des produits d'assimilation, ce sont des produits de dénutrition. Ils représentent les déchets du métabolisme végétal. Ils correspondent à ce que sont chez l'animal l'urée, l'acide urique, le glycocolle, les pigments biliaires, etc. Il n'est pas concevable, en effet, que la synthèse biologique des protéines, pas plus que toute synthèse opérée *in vitro,* se fasse avec un rendement théorique et sans laisser des produits accessoires, des résidus qui ne peuvent plus être utilisés. D'autre part, l'usure des tissus, tous les phénomènes de désassimilation et de combustion doivent engendrer, chez la plante comme chez l'animal, des déchets semblables, azotés ou non.

Tous ces produits sont non seulement inutiles, mais nuisibles à l'entretien de la vie. Ce sont des *poisons* dont l'organisme, dans les deux règnes, doit se débarrasser à tout prix sous peine d'intoxication. L'animal y pourvoit en les rejetant au dehors, mais la plante, qui est dépourvue d'organes excréteurs, ne peut que très imparfaitement le faire. Elle doit donc se résigner à vivre avec eux, et se borner à les rendre inoffensifs en les maintenant en dehors du circulus vital et en les empêchant de pénétrer de nouveau dans la cellule vivante dont ils sont sortis et d'y exercer leur action nocive sur le protoplasma. Et nous voyons qu'elle y réussit, puisque les composés en question ne se trouvent en réalité jamais dans l'intérieur de cette cellule. Sa paroi fait donc un triage entre les substances utiles et les substances nuisibles ; elle est perméable aux premières, imperméable aux secondes. Peut-on se faire une idée du mécanisme qui préside à ce triage ?

Aucun caractère physique (tel que la solubilité, l'ionisation, l'état colloïdal ou cristallin) ne distingue l'une de l'autre les deux catégories de substances. Aucune différence de composition chimique n'existe davantage entre elles ; elles sont formées des mêmes éléments, qui sont ceux du protoplasma lui-même. Il ne resterait donc plus, à mon avis, qu'une différence de structure moléculaire qui pût expliquer leur allure opposée. Voyons donc ce que l'on sait de leur constitution.

Les recherches à ce sujet ont conduit à ce résultat remarquable, mais dont les conséquences n'ont pas encore été mises

en lumière, que tous ces produits sont des composés cycliques. Les atomes de carbone des terpènes, des camphres et des tannins, les atomes de carbone et d'oxygène des anthocyanes, les atomes de carbone et d'azote de la chlorophylle et de tous les alcaloïdes, sont uniformément unis en chaînes fermées.

Nous avons vu qu'il en est exactement l'inverse pour les substances nutritives de la cellule. Je vois donc dans cette disposition différente des atomes la raison pour laquelle les molécules d'une espèce pénétreront dans la cellule vivante, celles de l'autre espèce seront consignées à la porte. Un fil de fer pénétrera à travers une ouverture étroite si on l'y introduit par son extrémité, il ne passera plus si on le roule en cerceau. De même les méats intermoléculaires des parois cellulaires laisseront passer les chapelets flexibles des chaînes ouvertes, tandis qu'ils s'opposeront à l'entrée des anneaux massifs et rigides qui forment les molécules cycliques.

Mais les déchets du métabolisme sont primitivement des corps à chaînes ouvertes, comme les substances dont ils sont issus. Ce n'est donc qu'après coup qu'ils acquièrent la structure cyclique qui les rend inoffensifs. Il y a réaction de la plante vivante contre les principes toxiques qu'elle produit, et cette réaction consiste en une modification de la structure intime de ces principes ; la plante se défend contre les poisons en les cyclisant.

Il y a donc, dans l'organisme végétal, deux processus de synthèse parallèles, l'un qui, réunissant les atomes par simple juxtaposition, forme les longues chaînes ouvertes qui finiront par constituer la molécule complexe des protéines, l'autre qui, opérant un véritable travail de voirie, nettoie l'organisme de tous les détritus laissés par la première synthèse, en fermant sur eux-mêmes tous les fragments qui ne peuvent plus concourir à la construction de l'édifice, ou qui s'en détachent lorsque cet édifice tombe en ruines.

Cette hypothèse une fois émise, il restait à la vérifier par l'expérience et à montrer comment la cyclisation s'opère dans la plante. C'est ce que je me suis appliqué à faire, au moins en ce qui concerne les alcaloïdes. Partant de l'idée que, dans la synthèse organique, le meilleur moyen d'atteindre le but est

d'imiter la nature, j'ai toujours cherché, dans mes essais de reproduction artificielle d'alcaloïdes végétaux, à opérer dans des conditions aussi voisines que possible de celles qui sont réalisées dans la plante vivante. C'est cette idée qui a présidé aux récents travaux exécutés dans mon laboratoire par MM. Gams, Spengler, Kay, Malinovski et par M[lle] Finkelstein, travaux qui ont conduit à la synthèse de la berbérine et de plusieurs alcaloïdes de l'opium.

Nous avons toujours choisi comme points de départ de nos opérations, d'un côté des substances que l'on sait se former dans les plantes par désagrégation des protéines, de l'autre des composés, tels que l'aldéhyde formique, qui y prennent naissance à partir de l'acide carbonique de l'air. En les condensant les unes avec les autres, nous avons obtenu des alcaloïdes cycliques, et ceux-ci se sont trouvés identiques à ceux qui se produisent dans les tissus végétaux. J'ai même réussi, en collaboration avec M. Chou, à obtenir directement des alcaloïdes en hydrolysant *in vitro* les albumines elles-mêmes en présence d'aldéhyde formique.

Il semble donc bien prouvé que les alcaloïdes prennent naissance, dans le végétal, par cyclisation des produits de décomposition des protéines ; et par analogie on est en droit d'attribuer la même origine à tous les composés semblables.

En résumé, nous observons un parallélisme complet entre les deux grandes divisions des composés organiques, basées sur la structure de leur squelette moléculaire, et le rôle qu'ils jouent dans l'organisme végétal. Seuls les composés à chaînes ouvertes sont propres à entretenir la vie de cet organisme, tandis que les composés à chaînes fermées, que nous rencontrons en abondance dans certaines plantes, ne sont que des déchets sans valeur nutritive, rendus inoffensifs par le fait même de leur cyclisation. La plante idéale n'en contiendrait point.

Mais à cette conclusion, une grave objection s'oppose immédiatement. Chaque chimiste, chaque botaniste me la fera. Il me dira : Dans l'énumération des substances qui, dans la plante, ne contribuent pas à la formation de son protoplasma, vous avez omis la plus importante de toutes, la *cellulose,* cette ma-

tière essentielle au point de vue morphologique qui, dans toute l'étendue du règne végétal. forme les parois des cellules et des vaisseaux, et joue un rôle fondamental de protection mécanique du protoplasma, en lui procurant l'enveloppe nécessaire pour lui permettre de s'organiser en tissus plus ou moins rigides et résistants.

Il semble indispensable, continuera mon contradicteur, que la substance à laquelle est dévolue cette fonction possède une stabilité chimique suffisante pour résister aux actions multiples qui entrent en jeu dans le végétal. Il faut qu'elle reste en dehors du métabolisme général. Si les idées que vous avez développées sont justes, cette indifférence doit résulter de sa structure moléculaire, et la cellulose doit posséder, comme tout autre composé que la plante écarte du circulus vital, la structure cyclique. Or tous les traités de chimie placent la cellulose, à côté de l'amidon, parmi les composés à chaînes ouvertes, et ce fait suffit à lui seul à renverser tout l'échafaudage de votre théorie.

Cette objection serait, je le reconnais, sans réplique, si elle reposait sur une base solide, c'est-à-dire sur la connaissance exacte de la constitution de la cellulose. Or cette constitution n'a pas été déterminée jusqu'ici, et l'analogie avec l'amidon ne suffit pas à l'établir. Je crois, au contraire, que la cellulose doit être éloignée de l'amidon dans la classification, et placée parmi les composés de structure cyclique. Une série d'expériences, que j'ai effectuées avec MM. Ramseyer et Bouvier, me permettent d'apporter la preuve de ce que j'avance. Ces expériences sont sorties des considérations suivantes :

Les phénomènes chimiques qui provoquent la décomposition de la plante après sa mort, sont différents suivant les conditions dans lesquelles ils se déroulent. Si le végétal est abandonné à lui-même à l'air libre, ses matières azotées subissent d'abord une rapide putréfaction, avec formation d'ammoniaque, qui est absorbée par le sol, et d'acide carbonique, qui retourne à l'atmosphère. Les matières non azotées, et en particulier la cellulose, résistent plus longtemps, mais elles finissent aussi par disparaître, et cela grâce à une combustion lente, dont l'agent, direct ou indirect, est l'oxygène de l'air.

Si la plante morte, au lieu de rester à l'air libre, est plus ou moins enfouie dans le sol, cette action de l'oxygène est ralentie, et l'on assiste à la formation des *matières humiques*, substances fort mal définies encore au point de vue chimique, mais dont on sait cependant qu'elles sont des produits d'oxydation incomplète de la cellulose, et qu'elles présentent des caractères de phénols, c'est-à-dire de composés cycliques.

Si enfin ces mêmes matières végétales se trouvent entièrement soustraites à l'action de l'air, soit par suite de leur immersion dans l'eau, soit parce qu'elles auront été recouvertes par des masses importantes de terrain, ainsi que cela eut lieu lors des grandes dislocations géologiques, elles n'en subissent pas moins une lente transformation. Mais celle-ci n'est plus une oxydation, c'est une décomposition d'un genre spécial, dont nous ignorons les lois et les agents, mais dont nous connaissons parfaitement les produits ultimes ; ce sont nos combustibles fossiles d'âges divers, le lignite, la houille, l'anthracite. Il n'y a pas de doute que ce ne soit la cellulose qui fournisse la matière essentielle de ces *charbons de terre*. Elle perd, dans cette transformation, une partie de son oxygène et de son hydrogène, et s'enrichit par conséquent en carbone. Mais cette décomposition, ayant lieu à basse température, n'intéresse que la périphérie de sa molécule ; le squelette carboné n'en est pas affecté. On doit donc admettre que la structure de ce squelette est la même dans la houille que dans la cellulose, et qu'en la déterminant chez la première on la fixera du même coup chez la seconde.

Malheureusement, si depuis deux siècles on utilise la houille comme combustible, si depuis une centaine d'années on en tire, par distillation, ces trois produits d'une si grande importance industrielle, le gaz d'éclairage, le goudron et le coke, on ignore, chose étrange, à peu près tout de sa nature chimique. Peut-on la déduire de l'étude des produits de cette distillation ? On sait, et je l'ai rappelé plus haut, que le goudron est exclusivement formé de composés cycliques. Il en est de même du coke ; le fait qu'il fournit par oxydation des acides aromatiques nous assure que les atomes de carbone qui le composent sont unis en chaînes fermées. Est-ce à dire que l'on puisse attribuer

la même structure aux matériaux dont ils proviennent? Une pareille déduction serait absolument injustifiée, car ces matériaux ont été soumis, lors de la distillation de la houille, à des températures de 800 à 1000°, et nous savons par les expériences de Berthelot que ces températures sont amplement suffisantes pour provoquer la cyclisation de toutes les chaînes ouvertes.

Pour se mettre à l'abri de cette objection, il faudrait pouvoir éliminer l'action cyclisante de la chaleur pendant la décomposition de la houille. C'est ce que j'ai cherché à réaliser avec mes deux excellents collaborateurs. En opérant la distillation de la houille dans le vide, ce qui permet de ne pas élever la température au-dessus de 450°, nous avons obtenu un goudron spécial et un coke d'un nouveau genre. Or, en étudiant ce *goudron du vide* et ce *coke du vide*, nous avons pu nous assurer que l'un et l'autre sont, comme le goudron et le coke ordinaires, de nature exclusivement cyclique. Nous en concluons que les composés cycliques préexistent dans la houille et en forment certainement la majeure partie. De ces résultats expérimentaux découlent en outre, à notre avis, les trois conséquences suivantes :

1. La théorie de Berthelot sur la formation du goudron ne peut plus être considérée comme interprétant exactement les faits. Tous les dérivés du goudron, que l'industrie chimique a utilisés de si brillante façon, ne sont plus, comme on le croyait, des produits de pyrogénation. Ce n'est point à la chaleur des cornues à gaz qu'ils doivent leur fameux *noyau aromatique* si riche en propriétés précieuses. Ce noyau existait déjà, quoique à l'état plus hydrogéné, chez les plantes de l'époque carbonifère. Toute la chimie aromatique devient ainsi une dépendance de la chimie végétale.

2. Le goudron du vide n'est, en réalité, pas autre chose que du *pétrole* ; il en possède l'odeur, la densité, la fluorescence, le faible pouvoir rotatoire. Tous les corps définis que nous en avons retirés se sont trouvés être identiques à d'autres corps que l'on a isolés des pétroles du Canada, de Californie et de Galicie. Nous constatons ainsi, pour la première fois, une relation d'ordre chimique entre ces deux produits naturels de si

haute importance, la houille et le pétrole. Cette relation implique-t-elle une communauté d'origine et peut-elle servir d'argument à ceux qui prétendent que le pétrole est, comme la houille, d'origine végétale ? Je le crois pour ma part, mais entreprendre une discussion sur ce point, serait sortir par trop de mon sujet.

3. Si la houille, ainsi que nous croyons l'avoir démontré, est formée d'un mélange de substances cycliques, on ne peut guère ne pas attribuer la même structure à la cellulose, qui est, de toutes les substances contenues dans les végétaux, celle qui a certainement pris la plus grande part à la formation de la houille. L'objection qu'on me faisait à son égard tombe donc; et mon hypothèse trouve au contraire un nouvel exemple à son appui.

Franchissons maintenant d'un seul bond toute la distance qui sépare les premiers produits de l'assimilation végétale et son produit ultime, qui est la *matière vivante*. Et qu'il soit d'emblée entendu que je n'emploie ce terme de matière vivante que par abréviation et pour éviter de longues circonlocutions. On ne saurait, en effet, attribuer la vie à la matière elle-même ; il n'y a, il ne peut y avoir, de molécules vivantes et de molécules mortes. La vie nécessite une organisation, qui est celle de la cellule, et reste par cela même en dehors du domaine de la chimie pure.

Il n'en est pas moins vrai que le contenu d'une cellule vivante doit différer, par sa nature chimique, du contenu d'une cellule morte. C'est à ce seul point de vue que le phénomène de la vie appartient à mon sujet ; c'est aussi à ce point de vue qu'il me reste à examiner si les idées que je vous ai soumises peuvent être utilisées pour son interprétation.

Une cellule vivante est, aussi bien dans sa composition chimique que par sa structure morphologique, un organisme extraordinairement complexe. Le protoplasma qu'elle renferme est un mélange des substances les plus diverses. Mais si l'on fait abstraction, d'une part de celles de ces substances qui sont en voie d'assimilation, et d'autre part de celles qui sont les résidus de la nutrition et qui se trouvent en voie d'élimination, on reste en présence des seules *matières protéiques* ou

albuminiques que l'on doit considérer, sinon comme le facteur essentiel de la vie, du moins comme le théâtre de ses manifestations. Elles seules possèdent, en effet, ces deux facultés éminemment vitales, d'édifier leurs molécules avec celles du milieu et de réagir aux moindres impulsions d'ordre physique, chimique ou mécanique. Elles se rangent donc parmi les composés organiques les plus labiles que nous connaissions, et c'est leur labilité même qui en fait le support des phénomènes vitaux. Elles sont, pendant la vie de la cellule, en état de perpétuelle transformation et ne trouvent un état d'équilibre stable que lors de la mort de cette cellule ; ou plutôt, devrait-on mieux dire, cette mort n'est que le résultat de la stabilisation des molécules protéiques.

Cette stabilisation est-elle d'ordre chimique, en ce sens qu'elle provient d'une modification dans la structure moléculaire ? Pour savoir si tel est le cas, et quelle est cette modification, il faudrait connaître la constitution de l'albumine vivante et celle de l'albumine morte. Or, la chimie ignore tout, ou presque tout, de la première, car ses procédés d'investigation ont pour premier effet de tuer toute cellule vivante ; la moindre élévation de température, le contact de n'importe quel dissolvant, à plus forte raison des réactifs même les plus bénins, opèrent la transformation qu'il faudrait éviter, et le chimiste n'a plus entre les mains que l'albumine morte.

Ce n'est donc que cette dernière qu'il a pu étudier. Grâce aux travaux d'une pléiade de savants éminents, à la tête desquels il faut placer nos deux membres d'honneur, les professeurs Emil Fischer et Abderhalden, on connaît aujourd'hui, sinon dans tous ses détails, du moins dans ses grandes lignes, la constitution des albumines. On sait en particulier, au point de vue spécial qui nous occupe, que la molécule extrêmement complexe de ces corps est formée de l'assemblage d'un très grand nombre de chaînes, dont les unes sont formées d'atomes de carbone seulement, les autres d'atomes de carbone et d'azote, mais qui toutes sont des chaînes fermées. Les albumines, retirés des tissus morts, sont de structure cyclique.

En est-il de même de ces albumines lorsqu'elles font encore partie intégrante du protoplasma vivant, et comment le savoir ?

A ces questions, une très intéressante observation de Lœw va nous donner un commencement de réponse. Lœw a remarqué que tous les réactifs chimiques qui, *in vitro,* sont susceptibles d'attaquer les aldéhydes et les bases primaires, soit d'agir sur les groupes aldéhydiques et aminogènes qui les caractérisent, que tous ces réactifs sont invariablement des poisons du protoplasma vivant. Ces mêmes réactifs sont, en revanche, sans influence aucune sur l'albumine morte. Lœw en conclut logiquement que la molécule de l'albumine vivante renferme les dits groupes, tandis que la molécule de l'albumine morte ne les possède plus.

Ces deux groupes d'atomes possèdent, dans toute l'étendue de la chimie organique, des fonctions très actives, mais opposées, qui les incitent à réagir l'un sur l'autre par l'échange de leurs éléments. Cet échange n'a pas lieu dans l'albumine vivante, puisque les deux groupes y coexistent ; elle s'opère lors de la mort de la cellule, puisqu'aucun des deux groupes ne peut plus être décelé dans l'albumine morte.

La stabilisation de la molécule protéique serait donc dûe, selon Lœw, à la saturation l'un par l'autre de ces deux groupements. Cette observation me paraît capitale ; mais son auteur n'en a point, ce me semble, poursuivi jusqu'au bout les conséquences théoriques. Je vais essayer de le faire à sa place.

Par le fait de leur nature même, les groupes d'atomes dont je parle ne peuvent en aucun cas faire partie intégrante d'une chaîne fermée. Etant tous deux monovalents, ils ne peuvent faire partie que de chaînes ouvertes. Leur existence dans l'albumine vivante y implique donc nécessairement la présence de ces chaînes.

Or l'union de deux groupements atomiques faisant partie d'une chaîne ouverte, ne saurait se faire sans qu'il y ait fermeture de cette chaîne ; en même temps la disparition de deux groupes actifs entraîne tout aussi nécessairement l'abolition d'une partie de l'activité du complexe. Tel un homme qui joindrait les mains ou se croiserait les bras ; il perdra ainsi la meilleure partie de ses moyens d'action.

La stabilisation de l'albumine vivante entraîne donc une cyclisation. En fermant sur elles-mêmes ses chaînes ouvertes,

l'albumine du protoplasma cellulaire entre dans l'équilibre et le repos. Sa période d'activité se termine de la même manière que celle de toutes les substances qui concourent à son entretien. Pour les unes et les autres, *la cyclisation est la mort.*

Mort momentanée, bien entendu, et destinée à être suivie, à plus ou moins bref délai, d'une résurrection qui remettra en circulation les atomes provisoirement immobilisés. Il est clair, en effet, que si toutes les molécules cyclisées devaient persister indéfiniment dans cet état, toute vie disparaîtrait bientôt de la surface de notre globe.

Aussi, tout ce que j'ai dit ne s'applique-t-il qu'aux composés organiques qui font partie de la plante *vivante*. Dès qu'ils en sont sortis, d'autres agents interviennent, qui procèdent plus ou moins rapidement à la démolition de toutes les molécules et à une décyclisation générale. La plante morte se trouve immédiatement aux prises avec les microbes de la putréfaction qui s'attaquent à ses albumines et avec les ferments oxydants qui brûlent sa cellulose. Ou bien l'on voit intervenir les ferments digestifs des animaux herbivores qui sont également cyclolytiques. Ici comme ailleurs, les deux règnes se complètent et s'entr'aident, et ce sont les mêmes atomes qui, passant de l'un à l'autre en des agrégats de structures diverses, entretiennent l'existence éternelle de tous deux.

Telles sont les considérations que j'ai cru pouvoir vous soumettre sur les relations qui existent entre la structure moléculaire et la vie. Je n'ai soulevé qu'un très petit coin du voile qui recouvre le mystère, mais je crois avoir répondu aux trois questions que je posais au début, en montrant : que les phénomènes vitaux sont liés à une structure spéciale de la molécule organique ; que seule la disposition des atomes en chaînes ouvertes permet l'entretien et les manifestations de la vie ; que la structure cyclique est celle des substances qui ont perdu cette faculté ; et qu'enfin la mort résulte, au point de vue chimique, d'une cyclisation des éléments du protoplasma. Le serpent qui se mord la queue, symbole de l'éternité chez les anciens, mériterait de devenir, pour le biochimiste moderne, le symbole de la mort.

Je ne vous ai parlé que de chimie végétale. Il resterait à examiner si mon interprétation peut s'appliquer aussi aux phénomènes qui se passent dans l'organisme animal. Mais je ne puis ni ne veux abuser plus longtemps de votre patience, que j'ai déjà mise trop longtemps à l'épreuve, et je me hâte de terminer en vous remerciant de la bienveillante attention que vous m'avez prêtée.

CONTRIBUTION

A

L'ÉTUDE DES TERRES RARES

PAR

Ch. GARNIER

(Première partie)

(Suite [1])

Sur l'oxyde et les hydrates du néodyme

En parcourant les indications fournies par les différents auteurs qui se sont occupés du néodyme, on est surpris de trouver tant de divergences dans la définition de la couleur de son oxyde. Auer de Welsbach ([2]) qui le premier isola ce corps par la séparation du didyme en ses deux composants s'exprime ainsi : « Heftig geglüht ist es blau, aber nicht lebhaft gefärbt und verändert seine Farbe beim Glühen in keiner Zone (der Flamme). Etwas verunreinigt wird es matter gefärbt, zuletzt ist es nur mehr aschgrau ». Baudouard ([3]) par contre a obtenu un oxyde verdâtre ; Jones ([4]), franchement bleu à chaud ; Demarcay ([5]), bleu nuancé de violet ; Muthmann et Röllig ([6]), pres-

[1]) Voir *Archives*, t. XL, p. 93.
[2]) Auer de Welsbach, 1885, *Mhft. Ch.*, **6**, 477.
[3]) Baudouard, 1898, *C. R.*. **126**, 900.
[4]) Jones, 1898, *Chem. N.*, **77**, 293.
[5]) Demarcay, 1898, *C. R.*, **126**, 1039.
[6]) Muthmann et Röllig, 1898, *Ber.* **31**, 1731.

que blanc avec une teinte gris d'ardoise; Lacombe[1], bleu de ciel; Muthmann et Weiss[2], «rein grau blau ohne einen Stich ins Gelbe oder Braune»; celui de Baskerville et Stevenson[3] était violet pâle, bleu de lavande, bleu clair; Wægner[4], enfin trouve que la couleur de l'oxyde de néodyme varie suivant son degré de pureté d'une part, mais aussi suivant son mode de préparation; ces deux causes auraient pour effet d'amener une oxydation supérieure à celle du sesquioxyde Nd_2O_3.

Il est évident que la définition de l'oxyde de néodyme, tant par sa couleur que par sa teneur en oxygène, est intimement liée aux progrès réalisés dans sa purification. Il est en outre assez probable que, depuis la découverte de ce corps en 1885 par les belles recherches d'Auer de Welsbach, on est arrivé à le préparer à un degré de pureté tel que les terres étrangères qui peuvent encore s'y trouver n'influent plus ni sur son poids atomique, ni sur le spectre d'absorption de ses sels. La détermination précise de son poids atomique a, comme c'est le cas d'ailleurs pour les autres terres rares, stimulé les savants à rechercher des méthodes de séparation rapides et rigoureuses. La méthode des méta-nitrobenzène-sulfonates, employée par Holmberg[5], répond particulièrement bien à ces deux conditions. C'est cette méthode que j'ai employée pour purifier le néodyme qui devait servir à l'étude des oxydes. J'ai donné précédemment les indications sur l'état de pureté de mon néodyme. Je vais montrer dans ce qui suit, que la couleur de l'oxyde de néodyme ne dépend pas uniquement de son degré de pureté, mais qu'elle dépend aussi, pour une part, comme l'a établi Wægner partiellement, de son mode de préparation.

Des recherches entreprises à l'Institut de Physique de Fribourg sur les spectres de réflexion de l'oxyde de néodyme[6], m'engagèrent à préciser à quoi étaient dues les différences de

[1]) Lacombe, 1904, *Bull. S. Ch.* (3) **31**, 570.
[2]) Muthmann et Weiss, 1904, *Lieb. Ann.* **331**, 1.
[3]) Baskerville et Stevenson, 1904, *J. Am. Ch. S.*, **26**, 54.
[4]) A. Wægner, 1904, *Z. anorg. Ch.*, **42**, 118.
[5]) Holmberg, *loc. cit.*
[6]) *Veränderungen und Gesetzmässigkeiten im Reflexionsspektrum einiger der Neodymverbindungen.* Freiburg. Inaug. Diss. von P. Cäcilian Koller O. M. K. Stans 1914.

nuances des oxydes employés, et à étudier leur spectre en lumière réfléchie. Au moment où j'entrepris cette étude, les faits suivants étaient acquis :

1) Par le grillage de l'oxalate au rouge clair, on obtient un oxalate exempt d'anhydride carbonique, de couleur brun-rose, appelé par Wægner[1] oxyde A, et possédant un spectre de réflexion caractéristique.

2) En grillant l'oxalate à une température très élevée et de manière à obtenir un poids constant, il se forme l'oxyde ordinaire, soit le sesquioxyde de Nd_2O_3, dont le spectre, différant du précédent, fut autrefois repéré en échelle arbitraire par Auer de Welsbach [2] et en longueur d'onde par Wægner. La couleur de ce dernier oxyde est généralement gris d'ardoise ; mais il devient d'un bleu très franc, lorsqu'on le prépare par calcination de l'hydrate dans un courant d'hydrogène.

3) Une pastille d'oxyde bleu, obtenue par forte compression de l'oxyde en poudre dans un cylindre d'acier, se délite à l'air humide et se transforme en une poudre fine, de couleur rose, lorsqu'elle a été préalablement chauffée au chalumeau oxhydrique. Le spectre de réflexion de ce produit est complètement différent de celui de l'oxyde bleu, à condition que l'humidité ait pu exercer toute son action ; dans les stades intermédiaires, c'est-à-dire au cours de la transformation, on peut observer la prédominance de l'un ou l'autre spectre.

4) En chauffant cette poudre rose, soit l'oxyde délité à des températures progressivement croissantes, on arrive à un stade de transformation qui fournit un oxyde brun-rose ; celui-ci présente à l'examen spectral un mélange de l'oxyde rose, avec celui décrit par Wægner sous le nom d'oxyde A et du sesquioxyde Nd_2O_3.

Il restait donc à déterminer si ces variations dans le spectre étaient dues à des transformations chimiques bien définies, et dans ce cas à préciser le genre de transformation.

Le type d'oxyde que l'on rencontre le plus généralement

[1]) Wægner, *loc. cit. Z. f. an. Ch.*, 42.
[2]) Auer de Welsbach, *loc. cit.*

dans les terres rares est le type M_2O_3; c'est, sauf quelques rares exceptions, la forme la plus stable. On connaît actuellement, d'une manière certaine, trois terres qui échappent à cette règle; ce sont le cerium, le praséodyme et le terbium, qui forment des oxydes MO_2 plus stables que ceux du type précédent. L'importance du tableau de Mendelejeff, et la place qu'il convenait d'y réserver aux terres rares, ont fait que, depuis une quinzaine d'années, plusieurs savants se sont occupés de la valence des terres rares. A propos du néodyme, Brauner[1] d'abord, puis Wægner ont remarqué que cette terre possédait un oxyde moins stable que Nd_2O_3 et qu'il devait être d'un degré d'oxydation plus élevé. Il devait contenir, d'après Brauner, un peu plus d'oxygène qu'il n'en correspond à la forme Nd_2O_5. Le même auteur ajoute cependant que le spectre d'absorption de son néodyme révélait une quantité appréciable de praséodyme (environ 2,9 %). Cette oxydation supérieure pouvait être due en partie à la présence de PrO_2. Trois ans plus tard, Brauner[2] se prononçait d'une manière plus catégorique: le néodyme forme un oxyde Nd_2O_4 très instable, son quatrième atome d'oxygène ayant une tension assez faible pour ne pas réagir sur un sel ferreux. Enfin, Wægner obtient par calcination de l'oxalate $Nd_2(C_2O_4)_3 + 10H_2O$, un oxyde A, auquel il croit pouvoir attribuer la formule Nd_4O_7. Wægner appuie cette hypothèse sur les faits suivants: constance du poids pour une certaine température (qu'il ne définit que par « helle Rotglut ») et spectre de réflexion caractéristique.

J'ai commencé par préparer une certaine quantité d'oxyde bleu et d'oxyde rose; le premier par calcination à plus de 1000°, le second par le procédé décrit précédemment: confection d'une pastille avec l'oxyde bleu, chauffage de cette pastille au chalumeau oxhydrique et délitement à l'air humide (privé de CO_2) de la masse fondue; cette dernière opération s'effectuait sous une cloche contenant un récipient avec de la potasse caustique en solution.

Afin de me rendre compte du changement de poids qu'éprou-

[1]) Brauner, 1898. *Amer. Ch. J.*, **20**, 345; *C. Bl.* 1898, II, 172.
[2]) Id., 1901. *Proc. chem. Soc.*, **17**, 67.

vait sous l'action de la chaleur l'oxyde de néodyme, en passant de la forme rose à la forme bleue, j'ai fait plusieurs essais qui m'ont tous fourni une diminution notable de poids. La perte variait entre d'assez grandes limites comme c'était à prévoir; les oxydes délités depuis un temps assez long accusant une différence de poids plus grande que les oxydes fraîchement délités. Il est évident que ces pertes de poids s'entendent pour des opérations effectuées dans les mêmes conditions de température.

Dans les expériences que j'ai faites, pour déterminer la perte en poids, dûe au passage de l'oxyde rose à l'oxyde bleu, je me suis servi d'oxyde desséché pendant six heures à 130°, puis conservé dans un exsicateur à anhydride phosphorique, opération qui ne modifiait en rien la couleur de la substance. L'oxyde bleu, obtenu par calcination de l'oxalate à plus de 1000° dans un courant d'hydrogène, fut conservé dans le même exsicateur.

Deux nacelles en porcelaine, dont l'une, contenant l'oxyde bleu servant de témoin et l'autre, contenant un poids environ égal d'oxyde rose, étaient placées dans un four, à côté l'une de l'autre. Pour éviter l'adhérence des nacelles en porcelaine contre les parois du four, je les ai placées toutes deux dans une longue nacelle en platine; cela me permettait aussi de pouvoir les sortir simultanément.

Le four, employé dans toutes ces déterminations, était un four électrique, à résistance en platine, construit par Häreus à Hanau. Il se compose d'un manchon horizontal, garni intérieurement de magnésie calcinée et extérieurement d'amiante. Un cylindre en porcelaine dégourdie, de 62 cm. de long et 4 cm. de large, forme la partie intérieure du four; ce cylindre est entouré d'un mince ruban en platine, dont les spires, très rapprochées les unes des autres, permettent un échauffement très régulier. En régime normal, le four était alimenté par le courant continu, réglé au moyen d'un réostat; il avait une résistance de 0,6 ohm à la température ordinaire, résistance qui augmentait beaucoup avec l'élévation de température et qui pouvait supporter un courant de 30 ampères. La température était mesurée au moyen d'un couple thermoélectrique, en platine-iridium, fixé à côté de la substance. Afin de rendre plus exacte la détermination de la température, le nombre de milli-

volts du couple thermo-électrique a été mesuré par la méthode de compensation. Un pont de compensation, construit par la société anglaise « The scientific Instrument, Cambridge », servait à comparer les forces thermo-électriques avec un élément normal vérifié par la « National Laboratory ». Avant toute détermination, il a été nécessaire de connaître à quelle température correspondait, en régime permanent, le nombre de watts dont était chargé le four. Tout d'abord, j'ai établi expérimentalement la courbe ascendante de la température, en fonction du temps, pour un nombre de watts constant, jusqu'à ce que le régime permanent soit établi, c'est-à-dire, jusqu'à ce que la température du four ne varie plus qu'insensiblement avec le temps. Cette opération fut répétée pour diverses valeurs du nombre de watts, autant de fois qu'il était nécessaire pour obtenir un réseau de courbes, compris dans les limites des températures employées. Ce réseau indiquait donc directement le nombre de watts à choisir, pour atteindre, en régime permanent, la température cherchée.

Les oxydes, préparés comme il a été indiqué plus haut, furent pesés, en portions autant que possible égales, sur une balance rapide, mais sensible, la balance de Curie. Ils furent mis dans le four et chauffés graduellement jusqu'à 1000°, tout en faisant passer un courant d'hydrogène bien sec, et cette température fut maintenue durant une heure. Pendant tout le temps que dura le refroidissement, la circulation du gaz ne fut pas interrompue.

Voici, entre autres, les résultats fournis par trois oxydes de néodyme, primitivement de couleur bleue et devenus roses par délitement.

I

	Oxyde bleu (témoin)	Oxyde rose (après 3 mois)	
avant le chauffage	0,1022 gr.	0,0995 gr.	
après »	0,0991 »	0,0874 »	
	0,0031 »	0,0121 »	perte = 12,2 %

II

	Oxyde bleu (témoin)	Oxyde rose (après 6 mois)	
avant le chauffage	0,0996 gr.	0,1000 gr.	
après »	0,0986 »	0,0871 »	
	0,0010 »	0,0129 »	perte = 12,9 %

III

	Oxyde bleu (témoin)	Oxyde rose (après 8 mois)	
avant le chauffage	0,0986 gr.	0,1004 gr.	
après »	0,0986 »	0,0864 »	
	0,0000 »	0,0140 »	perte = 13,94 %

Les pertes subies par l'oxyde bleu sont insignifiantes, comparativement à celles de l'oxyde rose. Ce dernier a perdu en moyenne 12,7 % de son poids, par un chauffage à 1000°, dans un courant d'hydrogène. Les spectres de réflexion des deux oxydes sont devenus identiques.

Supposant que, par délitement de l'oxyde bleu, il s'était produit un hydrate, de même qu'il se produit de l'hydrate de calcium par délitement de la chaux fortement calcinée, j'ai, afin de vérifier cette hypothèse, préparé une certaine quantité d'hydrate de néodyme, de manière à comparer son spectre de réflexion avec celui de l'oxyde rose.

La préparation de l'hydrate de néodyme ne va pas sans quelques difficultés et sa pureté dépend beaucoup de son mode de préparation. La solution que l'on veut précipiter doit être avant tout très étendue (environ 2 ‰ d'oxyde), sinon le précipité risque de former des grumeaux renfermant, avec les eaux-mères, toutes les impuretés qu'il n'est ensuite plus possible d'éliminer complètement. J'ai employé une solution de chlorure ; une solution de nitrate va également bien, pourvu qu'elle soit à une température de 40 à 50°. La précipitation n'est pas à conseiller avec de la soude ou de la potasse caustique, ces corps étant très difficiles à éliminer par les lavages. Le moyen le meilleur et qui m'a toujours bien réussi, consiste à verser lentement dans la solution très étendue de néodyme (chlorure ou nitrate à 2 ‰), un léger excès d'une solution à 1 % d'ammoniaque ; le liquide doit être agité constamment pendant que se forme le précipité ; on chauffe ensuite sans dépasser 60° et laisse alors le précipité se déposer. Celui-ci dépose en quelques minutes des flocons roses et le liquide est décanté au moyen d'un syphon. On lave l'hydrate plusieurs fois avec de l'eau ammoniacale à 40° ; puis on le porte sur un

filtre à rondelle, où les lavages sont continués et activés sous pression réduite ; on lave finalement avec de l'eau froide, mais ce dernier lavage ne doit pas être poussé trop loin, si l'on veut éviter une transformation de l'hydrate en une substance colloïdale. Les dernières traces d'ammoniaque sont ensuite éliminées par un chauffage prolongé à 180°.

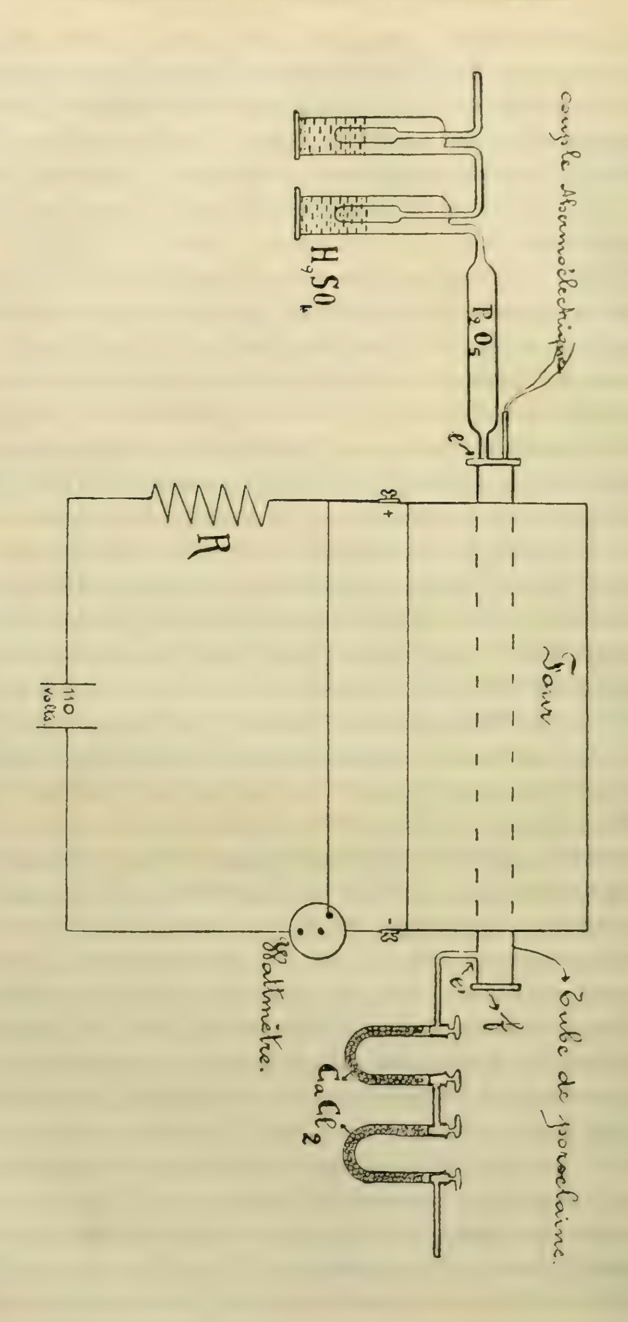
L'hydrate fraîchement préparé donne un spectre de réflexion pouvant être identifié avec celui de l'oxyde devenu rose. Il ne contient aucune des bandes caractéristiques de l'oxyde nommé par Wægner oxyde A. L'oxyde devenu rose est donc tout simplement de l'hydrate. Pour tâcher de retrouver l'oxyde A de Wægner, j'ai alors chauffé de l'hydrate progressivement et déterminé les pertes de poids éprouvées à différentes températures. Ces premiers essais, purement qualificatifs, m'ont cependant convaincu de l'existence d'au moins deux hydrates, situés entre l'hydrate rose ordinaire et l'oxyde bleu (que l'on obtient à haute température). Vers 320° se trouve en effet un point de transformation, pour lequel on obtient un hydrate brun clair, dont la composition chimique ne change pas — à en juger par la constance de poids et par le spectre de réflexion — jusque vers 520°. Aux environs de cette température il se produit une nouvelle transformation, accompagnée d'une perte de poids, d'une variation de couleur et d'une différence très marquée dans le spectre de réflexion. On obtient, si l'on compare les spectres de réflexion ; le même hydrate que Wægner décrit sous le nom d'oxyde A. En élevant encore la température jusque vers 650°, une transformation extrêmement lente s'opère dans le sens de l'oxyde bleu ; on obtient à cette température un oxyde, à poids apparemment constant, donnant cependant encore quelques bandes de l'oxyde précédent ; sa couleur n'est pas franchement bleue, elle est grisâtre avec une légère nuance brune. L'oxyde franchement bleu ne s'obtient que dans un courant d'hydrogène, en ayant soin surtout, tant qu'il est encore chaud, de soustraire l'oxyde à l'action de l'air.

Ces déterminations ont été faites avec le dispositif suivant : Le four électrique, ainsi que les appareils de mesure, wattmètre et thermoélément étaient montés d'après les indications précédentes. Un tube en porcelaine vernie, de 80 cm. de long et

3 cm. de diamètre, s'engageait dans la partie intérieure du four (voir fig. p. 208). Il se terminait d'un côté par une embouchure métallique *e;* l'autre côté possédait une fenêtre en mica *f*, enchassée dans une monture, serrée par des écrous, et sur laquelle se trouvait une embouchure latérale *e'*, de même forme que *e*. On pouvait, par conséquent, utiliser le four avec circulation de gaz.

J'ai fait un grand nombre d'expériences avec le tube, en mesurant simplement les pertes qu'éprouvaient mes hydrates; quelques-unes de ces déterminations se trouvent dans les tableaux qui suivent. Lorsque je voulus contrôler mes résultats par une mesure directe, c'est-à-dire en déterminant l'augmentation de poids qu'éprouvaient des appareils à chlorure de calcium placés à la suite du tube, je dus renoncer à l'emploi de ce dernier; car, à cause de sa construction défectueuse, les appareils à chlorure de calcium accusaient constamment une quantité d'eau de beaucoup inférieure à celle qu'avaient perdu les hydrates. J'ai remplacé plus tard ce tube par un cylindre en verre difficilement fusible, dont l'une des extrémités était soigneusement rôdée, de manière à y fixer, par un ajustage en verre, les appareils à dessécher les gaz; l'autre extrémité, plus étroite, communiquait également par un joint rôdé avec des appareils à chlorure de calcium; ceux-ci devaient recevoir l'eau perdue par les hydrates par suite du chauffage.

L'hydrate, d'abord séché aussi soigneusement que possible dans un exsicateur à anhydride phosphorique ou dans un four électrique à la température de 180°, se trouvait étalé dans une nacelle en porcelaine de 10 cm³. La transformation s'opérait aisément, même avec 3 gr. de substance, à condition de chauffer durant un temps suffisant. Le séchage à 180° m'a donné de bon résultats; il n'est pas très économique, mais plus rapide que le séchage à l'exsicateur; il est cependant nécessaire de chauffer durant 24 heures. La perte d'humidité est assez considérable : un hydrate de néodyme chauffé à 100° durant plusieurs heures dans une étuve perd encore 3 à 5 % de son poids, si on le sèche ensuite jusqu'à poids constant au four électrique. Sa température de décomposition est, il est vrai, aux environs de 320°, mais il est tout à fait inutile, pour le sécher, de le


couple thermoélectrique
H_2SO_4
P_2O_5
R
110 volts
Four
Wattmètre
$CaCl_2$
Tube de porcelaine

chauffer à plus de 180° ; je m'en suis convaincu par une série d'expériences préliminaires.

Une fois séché aussi parfaitement que possible, l'hydrate fut pesé et introduit dans le four, dont la température fut maintenue constante. Le tableau suivant donne les valeurs fournies par huit mesures, effectuées à des températures de 320 à 500°.

N°	Température	Durée	Poids initial	Poids final	Différences absolue	Différences en %
1	320-350° C	22 h.	0,0500 gr.	0,0465 gr.	0,0035 gr.	7,00
2	380-390° »	12 »	0,2009 »	0,1877 »	0,0132 »	6,60
3	390° »	21 »	0,1980 »	0,1842 »	0,0138 »	6,96
4	390° »	21 »	0,2001 »	0,1864 »	0,0137 »	6,84
5	380° »	4×24 »	2,9679 »	2,7594 »	0,2085 »	7,02
6	450° »	15 »	0,2081 »	0,1943 »	0,0138 »	6,63
7	440° »	27 »	1,0402 »	0,9660 »	0,0742 »	7,13
8	500° »	15 »	0,0507 »	0,0471 »	0,0036 »	7,10

Ces mesures donnent une perte moyenne de 6,91 %, pour des températures et des durées de chauffage variables. Les écarts un peu considérables s'expliquent par le fait que les mesures sont rendues très délicates, à cause de l'instabilité des hydrates formés ; ceux-ci sont, en effet, assez hygroscopiques. Il était nécessaire que toutes les pesées fussent effectuées rapidement et que la balance fut parfaitement réglée. La balance de Curie (à oscillations amorties), que j'ai constamment employée dans ces pesées, répondait bien à ces conditions ; je pouvais lire directement le $^1/_2$ mgr. et apprécier les $^1/_{10}$.

Cette perte moyenne de 6,9 % correspond à une transformation de l'hydrate $Nd(OH)_3$ en un hydrate moins riche en eau. Pour chaque groupe de molécules $Nd(OH)_3$, il y a mise en liberté de trois molécules d'eau lorsque la température atteint 320° et ne dépasse pas 520°. La vitesse de déshydratation dépend évidemment de la température, de l'arrangement de la substance et d'une bonne circulation des gaz ; un courant modéré d'azote l'active beaucoup. Par le dispositif décrit en dernier lieu, j'ai pu constater directement les pertes de l'hydrate par l'augmentation de poids des tubes en U. Ces derniers étaient reliés au tube, et entre eux, par des rôdages non graissés ; ils se trouvaient enfermés dans une boite dont l'intérieur était

desséché par du chlorure de calcium. Tout le soin possible fut mis dans les manipulations, de manière à éviter les causes d'erreur dans les pesées, humidité par suite d'un contact avec les mains, différences de poids causées par une mauvaise suspension à la balance, etc..... Les résultats n'ont cependant pas toujours été satisfaisants; ils indiquent, quelquefois, une quantité d'eau trop faible. Cela peut tenir à ce qu'une petite quantité d'eau se condense dans le grand tube, au lieu de pénétrer dans les tubes en U. Seul, un passage prolongé d'Az, bien desséché, peut entraîner l'eau ainsi déposée; mais alors, la difficulté consiste à faire agir le courant gazeux de manière continue et à ne pas dépasser le temps nécessaire à la transformation de l'hydrate, sinon le chlorure de calcium, par une circulation trop prolongée d'Az sec, serait amené à perdre ce qu'il a gagné.

Je donne ici deux déterminations faites avec l'emploi des tubes en U :

Temp.	Durée	Poids initial de l'hydrate	Poids final de l'hydrate	Eau perdue par l'hydrate	Perte en %	Eau gagnée par les tubes	Eau gagnée en %
350°	28 h.	0,8913 gr.	0,8277 gr.	0,0636 gr.	7,14	0,0585 gr.	6,57
350°	22 »	1,1077 »	1,0309 »	0,0757 »	6,94	0,0757 »	6,83

L'hydrate ainsi obtenu, par perte de 6,9 % d'eau, est brun clair avec une légère teinte rose. Son spectre d'absorption, qui sera décrit plus loin, ne présente plus de bandes communes avec celles de l'hydrate ordinaire; il est moins intense et moins net que ce dernier.

En continuant de chauffer, il se produit, à partir d'environ 520°, une nouvelle transformation avec une perte d'eau beaucoup plus faible, et l'hydrate résultant prend une nuance moins foncée. Cette perte en eau fut déterminée de la même manière que pour l'hydrate précédent. Le tableau suivant indique une diminution moyenne et constante du poids de 9,2 % pour une température comprise entre 520° et 580°.

La constance du poids, ainsi que le caractère du spectre de réflexion permettent de supposer l'existence d'un hydrate de composition ($2Nd_2O_3+2H_2O$); il dériverait donc du premier

par perte de quatre molécules d'eau, ou du second par perte d'une molécule d'eau. Le spectre de réflexion peut être identifié avec celui de l'oxyde A de Wægner ; la couleur coïncide également.

N°	Température	Durée	Poids initial	Poids final	Différences absolue	Différences en $^{0}/_{0}$
1	520-525° C	20 h.	0,2001 gr.	0,1820 gr.	0,0181 gr.	9,05
2	525° »	2×24 »	0,1980 »	0,1800 »	0,0180 »	9,09
3	550° »	5×24 »	2,9679 »	2,6959 »	0,2720 »	9,16
4	560° »	28 »	3,0394 »	2,7594 »	0,2800 »	9,23
5	525° »	22 »	0,7635 »	0,6923 »	0,0712 »	9,32

En calcinant l'oxalate dans un courant d'oxygène, à la température du rouge blanc, Wægner obtient un résidu brun-rose, ayant conservé environ 45,69 $^{0}/_{0}$ du poids primitif, et auquel il attribue la formule Nd_4O_7. Wægner appuie sa manière de voir de la façon suivante : en prenant le rapport de l'oxyde Nd_2O_3 à l'oxyde A il a trouvé expérimentalement 0,979 ; en calculant le rapport Nd_2O_3 à l'oxyde Nd_4O_7, on trouve 0,977. Ces chiffres sont évidemment très rapprochés en valeur absolue ; mais, si nous prenons, pour chaque expérience, la perte en $^{0}/_{0}$ qu'éprouve cet oxyde A, en passant à l'état d'oxyde Nd_2O_3, on trouve des valeurs oscillant entre 0,96 $^{0}/_{0}$ et 3,50 $^{0}/_{0}$. Une autre considération sur laquelle Wægner s'appuie, est le caractère particulier du spectre de réflexion de son oxyde A. Ce spectre présente en effet certaines bandes caractéristiques, mais il contient également des bandes appartenant à l'oxyde Nd_2O_3 ; c'est toujours un mélange des deux spectres qu'a obtenu cet auteur, lorsqu'il a cherché à obtenir l'oxyde Nd_4O_7, soit par la calcination de l'hydrate, du carbonate, du nitrate ou de l'oxalate.

Il me paraît probable que le produit obtenu par Wægner n'est pas un oxyde supérieur du néodyme, mais un mélange de l'oxyde Nd_2O_3 et de l'hydrate $Nd_2O_3H_2O$, mélange qui présente en effet les caractères spectraux des deux composants. Le néodyme de Wægner n'était pas très pur ; il était souillé par une

petite quantité de praséodyme, quantité insuffisante, sans doute, pour influer sensiblement sur une détermination de poids atomique, mais suffisante pour produire un effet catalytique : la présence du praséodyme, en faible quantité, pourrait très bien déclancher la formation d'un hydrate au contact de l'air humide. Les données expérimentales sont trop résumées, pour qu'on puisse tirer du travail de Wægner des conclusions plus précises.

La perte de poids de mon hydrate de néodyme correspondrait beaucoup mieux à la formation d'un oxyde Nd_2O_4 brun, très instable, décrit par Brauner[1] ; mais cette formation n'est pas probable, car j'ai opéré dans une atmosphère d'azote et non d'oxygène ; de plus, la substance a été autant que possible soustraite à l'action oxydante de l'air, en la laissant refroidir dans le courant d'azote. Enfin, j'ai constaté une nouvelle diminution de poids, correspondant à la perte d'une molécule d'eau, dans le passage de ce troisième hydrate à l'oxyde Nd_2O_3.

Le N° 5 du tableau ci-haut donne les résultats d'une mesure faite avec l'emploi des tubes à chlorure de calcium ; l'augmentation de ceux-ci a été de 0,0709 gr. pour une quantité de 0,7635 gr. $Nd(OH)_3$, c'est-à-dire de 9,28 °/₀.

En élevant encore la température, on constate, à partir d'environ 650°, une dernière perte de poids de 5,1 °/₀ ; la couleur de l'oxyde prend en même temps une teinte moins brune, la substance devient grisâtre, et l'on atteint, à cette température, un poids constant après une période de chauffage de plusieurs jours, sans que la couleur, ni le spectre de réflexion de l'hydrate précédent, aient complètement disparu. Ce n'est qu'après avoir chauffé au-dessus de 1000°, dans un courant d'H, que l'on obtient un oxyde bleu, dont la nuance est très dépendante du mode de chauffage et de refroidissement. L'oxyde ainsi obtenu correspond à la formule Nd_2O_3 présente, dans son spectre de réflexion plusieurs bandes fines, très caractéristiques. Le tableau suivant donne une série de mesures, destinées à constater la perte en eau dans le passage du premier hydrate à l'oyde Nd_2O_3.

[1]) Brauner, *Z. f. anorg. Ch.*, 32, 1.

Nº	Température	Durée	Poids initial	Poids final	Différences absolue	en %
1	650° C	24 h.	1,4651 gr.	1,2591 gr.	0,2060 gr.	14,06
2	700° »	3×24 »	0,0956 »	0,0826 »	0,0130 »	13,6
3	750-780° »	17 »	0,1008 »	0,0866 »	0,0142 »	14,08
4	950° »	20 »	0,3723 »	0,3210 »	0,0513 »	13,78
5	950-1200° »	33 »	0,4969 »	0,4274 »	0,0695 »	13,98

Les Nᵒˢ 3 et 4 n'avaient pas été suffisamment desséchés; de là, ces pertes un peu plus fortes. La valeur moyenne des chiffres fournis par les expériences atteint cependant 13,94 %, alors que la valeur calculée est de 13,85 %.

En résumé, les hydrates du néodyme sont au nombre de trois, dont deux peuvent être considérés comme dérivant du premier, par perte d'un certain nombre de molécules d'eau. Si l'on prend quatre molécules du premier, c'est-à-dire $4Nd(OH)_3 = 2Nd_2O_3 + 6H_2O$, on peut représenter les pertes successives en eau comme suit :

Premier hydrate: $4Nd(OH)_3 = 2Nd_2O_3 + 6H_2O$ perd dans son passage au second 6,9 %, soit $3H_2O$.

Deuxième hydrate : $Nd_4O_3(OH)_6 = 2Nd_2O_3 + 3H_2O$; celui-ci perd 2,5 %, soit une molécule H_2O et donne :

Troisième hydrate: $Nd_4O_4(OH)_4 = 2Nd_2O_3 + 2H_2O$, qui, passent à l'état d'oxyde, cède ses deux molécules d'eau :

Oxyde: Nd_2O_3 [1].

Les transformations s'opèrent, dans le sens de l'oxyde, par élévation progressive de la température; la première ayant lieu vers 320°, la seconde commençant vers 525°, et la troisième, c'est-à-dire la formation de l'oxyde, s'opérant à partir d'environ 650°. Les trois hydrates, ainsi que l'oxyde, possèdent des spectres de réflexion correspondants à des entités chimiques bien définies [2].

[1]) Ainsi se trouvent expliquées les transformations observées par divers auteurs, Dammer (1902), Wægner (1904), Anderson (1907), Koller (*loc. cit.*) 1910.

[2]) Cf. P. Joye, « Recherches sur les spectres de réflexion de composés du néodyme », *Archives* (juillet et août 1913), ainsi que Thèse d'agrégation, Fribourg 1914.

LE

TYPHUS EXANTHÉMATIQUE

PAR

le Prof. Adolphe D'ESPINE

Le typhus pétéchial ou typhus exanthématique n'a rien à faire avec la fièvre typhoïde, quoiqu'on l'ait confondu avec elle en France et en Angleterre entre 1830 et 1850. Marc D'Espine en 1853 et Forget en 1854 ont nettement séparé ces deux maladies. La suite leur a donné raison. La fièvre typhoïde est produite par le bacille d'Eberth, le typhus exanthématique par un virus filtrant inconnu au point de vue morphologique, mais qui existe dans le sang des malades et est inoculable au singe. Ni le microscope, ni l'ultramicroscope ne montrent dans le sang des malades ou des animaux infectés la présence de formes microbiennes.

Le typhus exanthématique est une des maladies infectieuses les plus contagieuses, infiniment plus par exemple que la fièvre typhoïde. La forte proportion dont le personnel médical et hospitalier est atteint, le démontre amplement. Ainsi, en Irlande, dans une période de vingt-cinq ans, sur 1230 médecins attachés aux établissements publics, 560 ont payé un tribut au typhus, tandis que le personnel sanitaire est peu touché par la fièvre typhoïde.

Le typhus pétéchial est une maladie grave ; sa mortalité en bloc est de 15 à 20 %. Murchison indique une mortalité de 1 sur 5. Le typhus est rare et bénin dans l'enfance ; il est très grave à partir de 40 à 50 ans, où la mortalité atteint de 40 à 60 %.

Une certaine accoutumance, peut-être une vaccination par la vermine, joue un rôle dans la mortalité. Ainsi la mortalité

en Chine est plus faible chez les Chinois que chez les Européens. Les soldats russes en Allemagne auraient eu une plus faible mortalité que les soldats allemands (Dr Jürgens[1]).

Le début est brusque, après une incubation assez longue, de 10 à 12 jours au minimum. Dans la *première période* qui dure un septénaire environ, deux symptômes essentiels sont à noter, la fièvre continue élevée, oscillant entre 40° et 41° et un exanthème caractéristique ressemblant à une éruption de rougeole, qui commence au dos et se généralise en respectant néanmoins le cou et la face. Cette éruption qui se produit du 4me au 6me jour de la maladie, devient hémorragique dans les cas graves, d'où le nom de *typhus pétéchial*.

Les auteurs appellent le 2me septénaire la période nerveuse à cause des tremblements, de la stupeur et du délire. Il serait plus juste de l'appeler la période cardiaque, à cause de la fréquence de la mort du 9me au 13me jour par la défaillance du cœur, due à une myocardite aiguë.

Le typhus exanthématique est une maladie probablement très ancienne dans l'histoire de l'humanité. D'après Nicolle, la maladie décrite à Carthage par saint Cyprien au IIIme siècle de notre ère était bien le typhus ([2]).

La première épidémie authentique de typhus date de 1489, époque à laquelle Ferdinand et Isabelle la Catholique, assiégeant Grenade, perdirent 17,000 hommes, enlevés par une fièvre contagieuse, *el tabardillo*, caractérisée par des symptômes nerveux graves et une éruption ressemblant à celle de la rougeole. Au commencement du XVIme siècle, des épidémies meurtrières furent observées en Italie (1505 à 1508) par Fracastor, auquel on attribue souvent la première description du typhus sous le nom de *morbus lenticularis*. Quelques années plus tard, Cardano, de Pavie, sépara le typhus pétéchial de la rougeole et lui donna le nom de *morbus pulicans;* ces noms prouvent qu'ils soupçonnaient déjà tous deux la transmission par les poux.

[1]) *Berl. klin. Wochensch.*, 1915, t. LII, p. 252.

[2]) La peste à Carthage en 253, par le R. P. Delattre, *Arch. de l'Institut Pasteur de Tunis,* 1903, p. 133.

Le typhus a été aussi appelé *morbus hungaricus* parce qu'il décima en 1533 en Hongrie les troupes de Frédéric II, comte palatin. C'est en 1566, qu'eut lieu la plus grande épidémie hongroise ; elle se développa dans l'armée de l'empereur Maximilien, réunie pour combattre les Turcs. Eminemment transmissible, la maladie a rayonné, a frappé très sérieusement la ville de Vienne et s'est transmise jusqu'en Suisse. Elle est devenue endémique en Europe et a accompagné presque toujours les armées belligérantes jusqu'aux grandes guerres de la Révolution et de l'Empire, d'où le nom de *typhus des armées*.

En 1814, les Autrichiens ont apporté le typhus exanthématique à Genève. Nous trouvons sur cette épidémie quelques renseignements intéressants dans les documents réunis par Mlle Achard et M. Edouard Favre [1], dont nous extrayons quelques passages. Le suivant est emprunté à la correspondance de J.-J. Rigaud :

« Dès le 15 février (1814), mes occupations à l'hôpital devin-
« rent plus assujettissantes; la fièvre nerveuse y faisait de
« grands ravages ; le chirurgien de l'hôpital, deux médecins et
« beaucoup d'infirmiers en étaient atteints. M. Revilliod-Ber-
« trand, directeur de la maison, prit la maladie ; on le remplaça
« par une commission composée de MM. Nourrisson, Martin-
« Achard, Masbou et moi.....

« La mortalité était grande à l'hôpital. M. Fine, chirurgien,
« mourut, ainsi que plusieurs infirmiers et l'excellent M. Revil-
« liod. Il avait eu le tort de ne point vouloir se soumettre aux
« précautions de prudence que conseillaient les médecins. Ils
« lui avaient recommandé de ne jamais s'assoir sur les lits, de
« ne pas faire la visite à jeun, d'ôter toujours son manteau
« quand il faisait les visites des salles et de ne pas prolonger
« ces visites sans nécessité. M. Revilliod ne se conformait à
« aucune de ces prescriptions, et il paya malheureusement de
« sa vie cette inobservation de règles qui n'auraient point nui
« à la surveillance qu'il exerçait avec le dévouement le plus
« complet.....

[1]) La Restauration de la République de Genève 1813-1814, par Lucie Achard et Edouard Favre.

« Le public était fort effrayé de l'épidémie qui se manifestait « à l'hôpital, à laquelle succomba aussi le meilleur des com- « missaires de police, M. Noblet.

« M. le Dr Peschier, appelé à remplacer à l'hôpital MM. les « Drs Coindet et Colladon, atteints de la fièvre nerveuse, fit « preuve alors d'un dévouement méritoire..... Par son active « surveillance sur l'emploi des fumigations, le directeur Pes- « chier parvint à maîtriser presque entièrement la contagion. »

Le fragment suivant est emprunté aux lettres de Charles de Constant :

« Avez-vous su le beau dévouement des 60 jeunes filles de « Langres qui se sont offertes pour soigner les malades de la « fièvre nerveuse, qui étaient abandonnés et dont les deux tiers « ont succombé. Le grand Pictet, qui a été blessé d'une balle « au travers du corps et qui est à Langres, soigné par la mère « de l'évêque de Nantes, écrit des choses touchantes sur ce beau « dévouement.

« Cette fièvre commence à faire parler d'elle. Les Drs Coin- « det, Colladon et Fine en sont atteints. Madame Grenus-Sala- « din en est morte avant-hier. Mais elle n'est point encore épidé- « mique, ni répandue ; on y donne une attention scrupuleuse...

« 21 février. Cette affreuse peste n'est ici que dans les hôpi- « taux et on espère qu'avec le secours de la bise, elle ne s'éten- « dra pas. Monsieur Fine en est mort.

« 24 mars. Quelques jeunes filles ont pris la fièvre, entr'autres « la plus jeune des demoiselles Lecointe et Mlle Prevost-Moultou.

« 28 mars. La jolie demoiselle Lecointe est morte ».

Nous extrayons du journal de Jean Picot les notes suivantes :

« Jeudi 17 février 1814. Monsieur Fine le chirurgien, âgé « d'environ 55 ans, succomba à deux heures du matin à une « fièvre maligne contractée dans les hôpitaux. C'était un de nos « premiers chirurgiens. Cette mort est d'autant plus frappante, « que dans ce moment on s'inquiète du très grand nombre de « fièvres malignes, qui règnent à Genève depuis l'entrée des « Autrichiens.

« Lundi 21 février. Hier entre 9 et 10 heures du soir, M. Re-

« villiod-Bertrand, âgé de 55 ans 1/2, est mort d'une fièvre mali-
« gne contractée dans les hôpitaux, dont il était directeur.

« Dimanche 20 mars. La mortalité causée par les fièvres ner-
« veuses, paraît avoir cessé.

« Dans les deux dernières semaines de février, il est mort 70
« individus de la Ville, sans compter les militaires ; il n'en est
« mort que 26 du 5 au 12 mars.

« Il nous reste environ 600 malades Autrichiens dans les hôpi-
« taux ».

Depuis lors, le typhus a régné à l'état endémique en Irlande d'où il rayonna en Ecosse et en Angleterre. Des épidémies très étendues avec mortalité élevée y ont été observées de 1816 à 1818, en 1826 et 1828; la plus meurtrière a régné de 1846 à 1848.

On peut considérer également comme des foyers endémiques permanents certains districts de la Russie, les Balkans, la Tunisie et l'Algérie.

La guerre de Crimée, la guerre russo-turque en 1877 et la guerre balkanique de 1912-1913 ont déterminé des explosions épidémiques du fléau.

La guerre actuelle est accompagnée dans son théâtre oriental d'une nouvelle recrudescence. Ainsi en Autriche, on signale officiellement (1) 11.275 cas de typhus du 1er janvier au 17 juillet 1915, le plus grand nombre en Galicie ou chez des soldats et des prisonniers revenus du théâtre de la guerre. Le typhus a été importé par les prisonniers russes dans plusieurs camps de prisonniers en Allemagne. Les camps de prisonniers les plus atteints ont été ceux de Langensalza, Wittenberg et de Niederzwehren (près Cassel). Dans ce dernier camp, le nombre des cas de typhus pétéchial a été très considérable.

L'étiologie du typhus exanthématique a été éclaircie tout récemment par les travaux du Dr Nicolle, directeur de l'Institut Pasteur de Tunis et de ses collaborateurs, MM. Comte et Con-

(1) Ces chiffres sont empruntés au *Bulletin démographique et sanitaire suisse,* 1915.

seil[1]. Une grave épidémie de typhus dans la Régence en 1909 fut le point de départ de leurs travaux.

Le premier point établi par eux a été la possibilité de transmettre le typhus aux singes, au chimpanzé surtout et aux macaques (bonnet chinois), pourvu que la dose de sang humain injecté soit suffisante (de 4 à 5 cc.) et que l'injection se fasse dans le péritoine. Le sang est virulent dans le typhus exanthématique, non seulement pendant toute la durée de la période fébrile, mais encore avant l'apparition de la fièvre et au début de la convalescence.

On peut réaliser sur les singes, avec le virus exanthématique, des passages en nombre indéfini. Nicolle a pu même en 1912 inoculer le typhus au cobaye qui ne réagit que par une élévation de température, mais son sang est virulent et Nicolle a réussi avec ses collaborateurs à faire dix passages successifs entre le malade, le singe et le cobaye.

Le second point établi scientifiquement par Nicolle et ses collaborateurs, c'est la trasmission du virus par les poux de corps. L'étude des épidémies qui ont sévi en Tunisie depuis 1906, leur avait déjà permis de soupçonner cette étiologie. Ainsi en Tunisie, il y a concordance saisonnière entre le nombre de poux rencontrés sur l'homme et les cas de typhus. Les poux sont très rares en septembre, octobre, novembre, mois où le typhus ne se rencontre plus ; ils abondent par contre au printemps et au début de l'été, époque où le typhus sévit avec le plus d'intensité. D'ailleurs Nicolle a rapporté quatre observations humaines où le typhus a suivi une piqûre par pou. Ainsi un gardien européen du Djouggan, en sortant d'un dortoir où étaient couchés des typhiques, sentit une démangeaison au cou. Un de ses collègues lui enleva un seul pou qui le piquait. Douze heures après débuta un typhus grave.

La preuve expérimentale du rôle du pou, comme insecte transmetteur du virus, a été donnée par Nicolle et ses collaborateurs. Ils ont pu transmettre le typhus exanthématique à quatre singes au moyen de la piqûre de poux préalablement infectés

[1]) *Annales de l'Institut Pasteur,* 1910, p. 213 ; 1911, p. 1 et 97 ; 1912, p. 250 et 312.

sur des singes malades. Les poux deviennent virulents et leur piqûre est effective du 5[me] au 7[me] jour après le repas infectant; elle ne paraît l'être ni plus tôt, ni plus tard. Cette constatation semble indiquer que le microbe inconnu du typhus exanthématique subit dans l'organisme du pou une évolution particulière, de même que l'hématozoaire du paludisme dans l'anopheles, que l'agent invisible de la fièvre jaune dans la stegomya fasciata et que *la contagion du typhus ne peut se faire que par la piqûre du pou infecté.*

La prophylaxie du typhus exanthématique ressort clairement des données acquises par Nicolle et ses collaborateurs. Elle consiste à détruire la vermine non seulement sur les malades, mais sur tout leur entourage.

La désinfection des locaux et des habitations ne suffit pas. Il faut désinfecter tout le linge et les habillements à l'étuve et nettoyer à fond le malade, soit par des bains savonneux, soit par des frictions avec une pommade camphrée ou avec de l'alcool aromatisé.

L'épidémie d'Autriche-Hongrie a été complètement arrêtée dans les camps de prisonniers par les mesures que nous venons d'indiquer et, en outre, par une quarantaine de tous les nouveaux arrivants dans des baraques où on les isolait une vingtaine de jours.

LES CÉVENNES MÉRIDIONALES
(MASSIF DE L'AIGOUAL)
ÉTUDE PHYTOGÉOGRAPHIQUE

PAR

Josias BRAUN

(Suite [1])

O. Associations aquatiques.

24. *Montieæ.*

(Montietum).

Les pluies abondantes que reçoit l'Aigoual et qui ne ruissellent pas tout de suite sont absorbées en partie par le sol et les végétaux ; elles s'infiltrent en partie dans les profondeurs de la terre où elles s'emmagasinent, alimentant dans les sols siliceux un grand nombre de petites sources. Une station aussi bien définie que les bords des sources fraîches doit nécessairement porter une végétation spéciale, surtout sous un climat sec en été. L'association qui peuple cette station est une unité bien circonscrite, facile à délimiter. En voici quelques exemples :

1. *Montieæ,* à Piélong, 1250 m.

Caractéristiques.

1-10	*Cardamine amara*	*Stellaria uliginosa*
1-10	*Montia fontana*	*Epilobium tetragonum*

[1] Voir *Archives*, 1915, t. XXXIX, p. 72, 167, 247, 339, 415, 508 et t. XL, p. 39 et 112.

Constantes et accessoires.

Deschampsia cæspitosa	*Ranunculus acer*

2. *Montieæ* (sans *Montia*), en haut de la forêt des Oubrets, 1480 m.

Caractéristiques.

2-3 *Cardamine amara*	2 *Stellaria uliginosa*
2 *Epilobium alsinifolium*	2 *Chrysosplenium oppositifol.*

Constantes et accessoires.

Viola palustris	*Orchis Traunsteineri*
Trifolium spadiceum	*Cardamine pratensis*
Myosotis silvatica	

3. *Montieæ,* à Jeanjean sous Puéchagut, 880 m.

Montia fontana	*Ranunculus repens*
Stellaria uliginosa	*Pedicularis silvatica*
Carum verticillatum	*Carex panicea*
Veronica Beccabunga	*Scorzonera humilis*

C'est une association avant tout Hémicryptophyte. Les caractéristiques *Montia, Stellaria uliginosa, Chrysosplenium oppositifolium, Cardamine amara* croissent parfois en touffes énormes, lâches, envahissant le ruisseau entier et le cachant sous un tapis vert éclatant. Mais qu'on s'en méfie, le pied s'enfonce profondément dans cette couverture trompeuse.

Cette végétation exubérante passe l'hiver à l'état de vie ralentie, mais néanmoins avec des organes végétatifs verts et turgescents, évidemment à cause de la protection relative, accordée par le milieu ambiant, l'eau courante, dont la température hivernale reste supérieure à celle de l'air. D'autre part aussi, l'équilibre est toujours parfait entre l'absorption et la transpiration. Si pendant des nuits froides, l'eau et les végétaux de la montieæ gèlent, le dégel se produit sans causer de dommage. L'aspect hivernal vert de la végétation des eaux courantes est d'ailleurs un fait général et s'observe partout, même dans les Alpes, à des altitudes élevées.

Montia fontana, qui donne son nom à l'association, peut être regardée, sinon comme la plus caractéristique, du moins comme la plus abondante des espèces caractéristiques. Comme le *Stellaria uliginosa* et le *Chrysosplenium oppositifolium*, elle descend vers le bas des vallées jusqu'à 200 m. environ. Sur l'étage supérieur sont cantonnés *Cardamine amara* et *Sedum villosum*; ce dernier garnit les touffes de mousses qui encadrent les sources.

25. *Les associations flottantes.*

Notre territoire si riche en eau n'a ni lacs, ni étangs, ni rivières à courant faible. Il s'en suit une pauvreté extrême de la flore aquatique et l'absence complète d'associations bien développées. Nous n'avons qu'une *Lemna*, 5 *Potamogetonacées*, 2 *Callitriche*, 4 *Renoncules flottantes*, mais aucune *Najadacée*, *Butomacée*, *Hydrocharitacée*, *Nymphæacée*, *Ceratophyllacée*, *Halorrhagidacée*, *Hippuridacée*. — *Alisma Plantago*, *Phragmites communis*, *Scirpus lacustris*, *Cyperus silvaticus* comptent parmi les raretés.

L'aménagement des eaux dans nos Cévennes a créé une station artificielle : les bassins d'irrigation, faibles équivalents de cuvettes naturelles. C'est surtout grâce à ces bassins qu'un petit nombre d'hydrophytes a pu s'installer.

Dans les bassins d'irrigation de l'étage inférieur et les canaux d'irrigation à courant faible on rencontre à l'état sporadique :

Typha latifolia	*Ranunculus aquatilis*
— *angustifolia*	— *fluitans*
Potamogeton crispus	— *trichophyllus*
— *pusillus*	*Nasturtium officinale*
— *densus*	*Callitriche palustris*
Zannichellia palustris	*Helosciadium nodiflorum*
Alisma Plantago	*Mentha aquatica*
Lemna minor	*Veronica Anagallis*

Ça et là, sur les bords de nos rivières aussi, on observe l'une ou l'autre de ces espèces. Au Vigan un petit peuplement de

Sparganium ramosum occupe une cuvette peu profonde de l'Arre.

Dans les fossés et les flaques d'eau de l'étage du hêtre au milieu des tourbières, on rencontre parfois : *Equisetum limosum, Potamogeton polygonifolius, Callitriche hamulata.*

Associations culturales.

Nous considérons comme associations culturales (Vollkulturbestände) toutes les associations créées par l'homme et se maintenant grâce à un traitement méthodique et régulier. Si l'intervention de l'homme est irrégulière, inconstante ou variable (coupes de bois, pâturage, irrigation, etc.) on peut parler de groupements *semi-culturaux.* Les prés irrigués et amendés rentrent dans cette seconde catégorie ; créés par des semis artificiels, ils ne tardent pas à se transformer en association *semi-culturale,* malgré le traitement de l'homme. Les *associations naturelles* qui n'ont subi aucune modification, n'occupent qu'une place restreinte dans notre territoire ; elles échappent à peu près aux atteintes de l'homme (rochers, éboulis, eaux, forêts de montagne). Ajoutons cependant qu'une association naturelle peut s'établir aussi dans une station artificielle (canaux, étangs, vieux murs, forêts plantées et abandonnées, etc).

Les associations culturales de notre domaine se divisent en deux groupes, le *groupe d'associations des champs de céréales* et celui des *cultures sarclées.*

P. Groupe d'associations des moissons.

26 et 27. *Moissons siliceuses et moissons calcaires.*

Ce groupe est nettement défini par un grand nombre de caractéristiques. Le mode de culture peu intensif favorise singulièrement le développement des mauvaises herbes. Sur les Causses voisins on voit des champs négligés où leur nombre dépasse évidemment celui des individus de l'espèce cultivée.

La limite supérieure moyenne des champs de céréales est à 1200 m. environ. Limite purement économique, elle est plus élevée sur le versant atlantique que sur le versant méditerranéen où les villages s'élèvent moins haut. Les derniers champs de seigle se rencontrent à la Grandesc-Haute 1250 m., à l'Espérou 1250 m., à Cabrillac 1200 m., à Bonheur 1200 m.

Dans les terrains siliceux on cultive presque exclusivement le seigle, alternant avec les pommes de terre ; les terrains calcaires produisent le froment, l'orge et l'avoine.

Le cortège floristique des moissons situées sur sol calcaire et sur sol siliceux diffère énormément. Nous y distinguons deux types d'associations : *moissons calcaires* à *Iberis pinnata* et *moissons siliceuses* à *Scleranthus.*

Les relevés reproduits ci-contre proviennent des localités suivantes :

a) *Moissons siliceuses.*

N° 1. Peyregrosse (V. de l'Hérault) 300 m.
N° 2. Entre St-André-de-Majencoules et le Rey 460 m.
N° 3. Pratcoustal sur Arphy 700 m.
N° 4. Col de la Vieille sur Mandagout 700 m.
N° 5. Entre Campredon et Campis, V. de la Brèze, 850 m.
N° 6. Dourbies 880 m.
N° 7. Les Oubrets 1020 m.

b) *Moissons calcaires.*

N° 8. La Parrot près Molières 350 m.
N° 9. Entre Arrigas et Aumessas 580 m.
N° 10. Au-dessus du bois de la Tessonne 730 m.
N° 11. Camprieu 1100 m.
N° 12. Sainte-Eulalie, Causse du Larzac 740 m.
N° 13. Saint-Aunès près de Montpellier 20 m.

A titre de comparaison, nous avons ajouté deux exemples provenant du Causse du Larzac (N° 12) et des environs de Montpellier (N° 13).

En raison de l'étendue plus considérable des moissons calcaires cette association est bien plus riche en caractéristiques spéciales que l'association des moissons siliceuses. Outre celles énumérées dans notre tableau, nous pouvons citer comme carac-

		SOL SILICEUX							SOL CALCAIRE					
	NUMÉRO DU RELEVÉ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	ALTITUDE M. S. M.	300	460	700	700	850	880	1020	350	580	730	1100	740	20
	a) *Caractéristiques de 1er ordre*													
T	Agrostemma Githago	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	...
T	Centaurea Cyanus	...	...	+	+	+	+	3	...	+	...	+	+	...
T	Sonchus arvensis	...	+	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T	Papaver Argemone	...	...	...	+	...	+	...	...	...	+	...	+	...
T	Lolium temulentum	...	...	...	+	...	...	...	...	+	...	...	...	+
T	Iberis pinnata	...	...	...	...	...	...	...	4	+	3	...	+	+
T	Orlaya platycarpa	...	...	...	...	...	...	...	+	...	+	...	+	...
T	Turgenia latifolia	...	...	...	...	...	...	...	+	...	...	...	...	...
T	Ranunculus arvensis	...	...	...	...	...	...	...	+	+	+	+	+	+
T	Valerianella echinata	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	+	...
T	— Auricula	...	...	...	...	...	...	...	...	+	...	...	+	...
T	Androsace maxima	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	+	...	...
T	Specularia hybrida	...	...	...	...	...	...	...	...	...	+	...	+	...
T	Galium tricorne	...	...	...	...	...	...	...	+	...	+	...	+	+
T	Adonis flammea	...	...	...	...	...	...	...	+	...	...	+	+	...
T	Neslea paniculata	...	...	...	...	...	...	...	+	...	...	+	+	...
	b) *Caractéristiques de 2e ordre*													
T	Specularia Speculum	+	+	+	...	+	+	...	+	+	...	+	...	...
T	Galium Aparine	...	+	+	...	+	+	...	+	+	...	...	...	...
T	Papaver Rhœas	+	+	...	...	. .	...	...	...	+	...	+	...	...
T	Caucalis daucoides	...	+	...	...	...	...	...	+	+	+	+	+	...
T	Scandix pecten Veneris	...	+	...	...	...	...	...	+	+	...	+	+	+
T	Asperula arvensis	...	+	...	...	...	...	...	+	+	+	...	+	+
G	Bunium Bulbocastanum	...	...	...	...	...	...	...	+	...	...	+	+	...
T	Coronilla scorpioides	...	...	...	...	...	...	...	+	+	...	...	...	+
G	Gladiolus segetum	...	...	...	...	...	...	...	+	...	+	...	...	...
	c) *Constantes*													
G	Convolvulus arvensis	+	+	...	...	+	...	...	+	+	+	+	+	+
T	Viola tricolor	+	+	+	...	+	+	+	...	+	...	+	+	...
G	Muscari compsum	...	...	...	+	...	...	...	+	+	+	+	+	+
T	Veronica arvensis	+	+	+	...	+	...	+	...	+	...	+	+	...
T	Vicia angustifolia	+	+	+	...	+	+	+	+	...	...	...	...	...
	d) *Espèces accessoires*													
T	Bromus tectorum	+	+	...	+	+	...	+	...	...	...	...	...	...
T	Pterotheca sancta	...	...	+	...	...	...	...	+	+	...	...	+	+
T	Fumaria officinalis	+	+	...	...	+	...	...	+	+	...	...	...	...
T	Anagallis arvensis	+	+	...	...	...	...	...	+	+	...	...	...	...
T	Scleranthus annuus	...	...	...	+	+	+	+	...	...	...	+	...	...
G	Cirsium arvense	...	...	...	...	...	...	...	+	...	+	+	+	+
T	Lithospermum arvense	...	...	...	...	...	...	...	+	...	+	...	+	+
T	Trifolium striatum	...	+	...	...	+	...	+	...	...	...	...	...	...
	e) *Espèces ± accidentelles*	10	20	10	7	22	10	14	15	17	15	12	14	15

téristiques des moissons calcaires: *Cerathocephalus falcatus, Lathyrus tuberosus, Androsace maxima, Veronica præcox, Fumaria Vaillantii, Conringia orientalis,* comme propres aux moissons siliceuses: *Scleranthus annuus* (rarement sur Ca), *Trifolium striatum, Spergula arvensis, Filago arvensis, Galeopsis dubia* qui pour la plupart ne sont pas mentionnés dans notre tableau.

Le spectre biologique, d'une homogénéité surprenante, comprend :

33 Thérophytes et
5 Géophytes.

Les souches profondes des Géophytes, à peu près indestructibles, se reproduisent même lorsqu'elles sont découpées en morceaux par la charrue. Mais la forme biologique adaptée tout spécialement au conditions de vie réalisées dans les moissons sont les Thérophytes. On y distingue deux catégories d'adaptations. Les végétaux printaniers de toute petite taille et à évolution rapide : *Cerathocephalus falcatus, Holosteum umbellatum, Cerastium species, Androsace maxima, Veronica acinifolia, V. triphyllos, V. præcox,* etc. Ils se développent avant le blé, profitant de la pleine lumière, et disparaissent dès la maturité de leurs graines.

Le second groupe, les Thérophytes estivales, sont en général plus élancés, l'inflorescence se trouve à peu près à la hauteur des épis du blé et l'époque de leur épanouissement coïncide avec celui des céréales. Si les représentants du premier groupe gênent peu le développement de la moisson, il y a lutte continue entre les mauvaises herbes estivales et l'espèce cultivée. Leurs graines récoltées avec la céréale, sont sans cesse ressemées inconsciemment avec lui. Cela est moins vrai pour les Thérophytes printaniers, d'où résulte peut-être aussi leur plus grande rareté, leur aire disjointe et moins étendue.

A. de Candolle (l. c. 1854) a insisté sur le caractère méridional de la plupart des mauvaises herbes de l'Europe tempérée et froide. En effet, leurs liens phylogénétiques indiquent le plus souvent une origine méditerranéenne. De plus, beaucoup d'espèces cantonnées strictement dans les moissons des pays

septentrionaux, habitent communément des stations naturelles dans la région méditerranéenne. Plus elles s'avancent vers le nord et plus étroitement elles s'attachent à l'homme qui, dans ses cultures, les protège contre la concurrence des végétaux indigènes. Dans le midi, où il y a tant de stations arides que les plantes sociales pérennantes ne réussissent jamais à couvrir entièrement, il y a assez de place libre pour la végétation éphémère des Thérophytes. Ainsi beaucoup d'espèces propres ou à peu près aux moissons des Cévennes (*Echinaria capitata, Gladiolus segetum, Coronilla scorpioides, Asperula arvensis, Valerianella* species, *Linaria simplex,* etc.) se trouvent souvent dans les lieux arides de la plaine languedocienne. D'autres encore semblent avoir leurs stations naturelles sur les hauts plateaux de l'Algérie (*Papaver Rhœas, Ranunculus arvensis, Cerathocephalus, Androsace maxima, Veronica præcox, Galium tricorne).*

Espèces habitant de préférence des stations naturelles dans les Cévennes et qu'en Suisse on ne trouve pour ainsi dire jamais *en dehors* des cultures :

Vicia hybrida	*Torilis helvetica*
— *tetrasperma*	— *leptophylla*
Lathyrus Aphaca	*Scandix pecten Veneris*
— *Cicera*	*Euphorbia exigua*
— *Nissolia*	*Sherardia arvensis*

Leur existence y serait impossible sans la protection inconsciente de l'homme.

La culture du blé a répandu et repand encore une foule de Thérophytes méridionaux sur l'Europe entière. La richesse en espèces ségétales augmente du nord au sud et les contrées les plus rapprochées du foyer principal sont les plus abondamment pourvues. Il y a cependant quelques-unes de nos espèces qui ne descendent pas dans la plaine méditerranéenne ou qui l'atteignent très rarement (par exemple *Holosteum umbellatum, Galeopsis dubia, Veronica præcox, V. triphyllos).*

Les champs de céréales constituent des associations d'une durée limitée, fixe. Comme il les a créés, le cultivateur les détruit au moment de la moisson. La jachère représente déjà le premier stade de reconstitution; abandonnée à elle-même,

elle revient à peu près sûrement à l'association climatique naturelle.

En alternance avec le blé des terrains calcaires, on cultive assez souvent le sainfoin *(Onobrychis sativa)* et la luzerne *(Medicago sativa),* parfois aussi le trèfle rouge *(Trifolium pratense),* qui produisent un bon fourrage. Dans les terrains siliceux, on remarque çà et là comme plante fourragère le *Trifolium incarnatum.* Rarement on y cultive encore le sarrasin *(Polygonum Fagopyrum)* comme seconde récolte.

Q. Groupe d'associations des cultures sarclées.

Du sarclage répété pendant toute la période de végétation résulte une composition floristique différente de celle des champs de céréales. Trois catégories de mauvaises herbes sont adaptées à ce genre de cultures : les Thérophytes précoces de développement rapide, ceux d'arrière-saison, croissant après le dernier sarclage et les Géophytes à souche très profonde qui échappent à la houe.

Dans ce groupe d'associations, nous distinguons deux associations : les vignes d'une part, les cultures potagères et les champs de pommes de terre de l'autre.

28. *Les vignes.*

Le vignoble était bien plus étendu autrefois. Le *Phylloxéra* l'a dévasté vers la fin du siècle passé et les facilités de transport, l'exploitation devenue de plus en plus difficile par le morcellement de la propriété, par le renchérissement de la main-d'œuvre, par l'émigration, ont déterminé l'abandon de maintes terres cultivées jadis en vignes. Çà et là on retrouve des traces de vieilles souches couvertes par les ronces et la broussaille. Nous avons rencontré ainsi une douzaine de souches sur la déclivité du Causse Méjean, près de Meyrueis, à 780 m. La culture de la vigne recommence aujourd'hui à 20 km. en aval.

LIMITES SUPÉRIEURES DE LA CULTURE DE LA VIGNE.

a) *Sur le versant méditerranéen.*

Sous Pratcoustal au Rouquet . . .	580 m.	Moyenne 600 m.
Vallon de Berthezène	580 »	
Mallet près Valleraugue	600 »	
Esparron	600 »	
Aumessas	630 »	
Col de la Vieille	700 »	
Derrière Pratcoustal (quelques pieds)	730 »	

b) *Sur le versant atlantique.*

Saint-Jean-de-Bruel	650 m.	Moyenne 600-650 m.
Trèves	640 »	
La Moline (en espalier)	700 »	

Ces limites encore, aussi élevées sur le versant sud que sur le versant atlantique, sont purement économiques.

Le vin du pays, de couleur rouge foncée, est d'un goût agréable, un peu verdelet; il ne suffit pas aux besoins de la population indigène; on en importe encore des plaines du Gard.

Parmi les végétaux les plus caractéristiques des terres cultivées en vigne, citons avant tout : *Allium roseum, A. polyantum, Aristolochia Clematitis,* qui parfois forment des peuplements purs. Viennent ensuite comme caractéristiques de deuxième ordre :

Bromus maximus	*Reseda Phyteuma*
Mercurialis annua	*Ranunculus parviflorus*
Fumaria parviflora	*Muscari neglectum*
— *micrantha*	*Cirsium arvense*

Calendula arvensis

Je n'ai pour ainsi dire jamais vu en dehors des vignes les *Xanthium macrocarpum, Jnula graveolens* et *Salsola Kali* (cette dernière introduite peut-être avec le *Posidonia oceanica* servant de fumier). Comme dans les associations « ouvertes » en géné-

ral, le nombre des constantes est faible, celui des accessoires et accidentelles très élevé. Voici les plus fréquentes :

Bromus sterilis	*Anagallis arvensis*
Poa annua	*Convolvulus arvensis*
Setaria viridis	*Lamium amplexicaule*
Herniaria hirsuta	— *purpureum*
Fumaria officinalis	*Veronica hederifolia*
Capsella rubella	— *polita*
Stenophragma Thalianum	— *Buxbaumii*
Cardamine hirsuta	*Solanum miniatum*
Euphorbia segetalis	*Valerianella carinata*
— *Helioscopia*	*Pterotheca sancta*

Le même cortège, enrichi d'autres espèces (*Diplotaxis erucoides, D. muralis, D. tenuifolia, Erodium malacoides,* etc.), peuple les vignes des environs de Montpellier.

29. *Cultures potagères et champs de pommes de terre.*

Dans les vallées chaudes de l'Arre et de l'Hérault, on donne beaucoup de soin aux cultures maraîchères, d'ailleurs rémunératrices. Au contraire, elles sont négligées sur le versant atlantique et surtout sur la péneplaine. Pourtant les essais entrepris par M. Flahault à l'Hort-de-Dieu (1300 m.) et près du sommet de l'Aigoual (1520 m.), prouvent suffisamment que des légumes variés peuvent être cultivés jusqu'aux environs de nos plus hauts sommets. Les pommes de terre, variétés choisies avec soin, donnent des résultats excellents à l'Hort-de-Dieu. Il en est de même pour les navets, raves, choux-navets, choux-raves, choux, carottes, épinards, salades, radis, céleris, poireaux, etc.

L'association constituée par les cultures sarclées (à l'exception de la vigne) est caractérisée par plusieurs espèces qui leur sont propres ou peu s'en faut. Tels sont :

Chenopodium polyspermum	*Portulaca oleracea*
— *hybridum*	*Panicum sanguinale*
Amaranthus silvestris	*Setaria verticillata*
Panicum Crus-galli	*Solanum nigrum*

et moins caractéristiques :

Lycopsis arvensis	*Amaranthus albus*
Eragrostis major	*Polycarpon tetraphyllum,*

Thérophytes qui, en général, murissent leurs graines en automne, après la récolte.

Il faudrait ajouter ici un groupement souvent négligé et difficile à circonscrire, parfois réalisé aux bords des routes et le long des murs, dans les villages et les faubourgs. Plusieurs végétaux sont particuliers à cette station : *Amaranthus deflexus, Chenopodium Vulvaria, Ch. opulifolium, Ch. murale, Conyza ambigua, Hordeum murinum,* préférant tous les lieux ammoniacaux ; puis *Centaurea Calcitrapa, C. solstitialis* (ailleurs aussi dans les moissons), *Cynoglossum pictum, Salvia verticillata, Xanthium spinosum, Rumex pulcher,* etc., le long des routes. Les deux groupements nous paraissent avoir la valeur d'associations autonomes (culturales) ; nous avons l'intention de nous en occuper ailleurs.

(A suivre).

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1914

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

(Suite et fin [1])

V. Vents

Genève. — L'observation du vent se fait de deux manières différentes : 1° six fois par jour, à l'ancienne girouette, en exprimant la force du vent par les sept chiffres, de 0 à 6, de la demi-échelle de Beaufort ; 2° au moyen de l'anémographe de Richard, enregistrant automatiquement la direction et la vitesse du vent.

Le *tableau XIX* donne les résultats généraux du premier système d'observations. Il fournit, pour les différents mois et pour l'année, le nombre des calmes et le nombre de fois où le vent a été observé, avec la force 1 ou avec une force supérieure, dans chacune des seize directions de la rose des vents, le chiffre indiqué tenant compte du facteur (1 à 6) qui représente la force du vent.

Le *tableau XX* donne d'abord les nombres de cas de vent du nord-nord-est et du sud-sud-ouest et leurs rapports, puis la proportion des calmes. Il indique ensuite les résultats du deuxième système d'observation du vent, au moyen de l'ané-

[1]) Voir *Archives*, t. XL, p. 138.

XIX. Vents observés. GENÈVE, 1914.

	Décemb. 1913	Janvier 1914	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année météor.	Année civile
Calme .	63	47	73	34	45	28	41	45	84	51	82	45	28	638	603
N	10	12	5	7	4	24	11	11	47	29	9	2	2	171	163
NNE . .	48	52	36	18	97	91	65	49	15	46	54	79	33	650	635
NE. . . .	9	10	5	3	3	6	4	5	7	4	15	16	10	87	88
ENE. . .	4	14	1	2	0	1	0	0	0	1	1	1	1	25	22
E.	0	0	0	1	0	4	2	4	1	3	1	3	5	19	24
ESE. . .	2	8	1	2	0	3	0	1	0	0	0	0	1	17	16
SE	16	21	4	4	0	0	7	5	0	1	6	11	14	75	73
SSE . . .	8	2	1	4	2	2	5	5	1	0	0	4	8	34	34
S.	7	3	5	9	7	4	4	5	14	14	6	3	6	81	80
SSW . .	30	13	25	102	32	36	30	37	4	21	8	18	75	356	401
SW . . .	6	5	10	15	4	7	5	14	12	20	13	17	13	128	135
WSW .	4	3	10	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	22	18
W.	2	1	3	16	8	8	4	6	1	7	3	6	7	65	70
WNW .	1	2	1	3	4	6	0	3	0	0	0	0	0	14	13
NW . . .	3	3	5	6	6	2	4	3	4	4	3	4	4	47	48
NNW. .	7	13	3	9	9	13	11	7	1	4	1	11	4	89	86

XX. Vents. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	VENTS			Calme s. 1000	Vitesse moyenne du vent km. par heure
	NNE.	SSW.	Rapport		
Décembre 1913.	67	43	1.56	339	5.99
Janvier 1914. . .	74	21	3.52	251	6.20
Février.	46	40	1.15	384	5.12
Mars.	28	126	0.22	183	8.45
Avril	104	43	2.42	250	7.79
Mai.	121	47	2.57	151	8.61
Juin	80	39	2.05	228	4.50
Juillet	65	56	1.16	242	4.54
Août.	69	30	2.30	452	4.30
Septembre	79	55	1.44	283	6.61
Octobre	78	27	2.89	441	4.14
Novembre	97	38	2.55	250	8.00
Décembre	45	94	0.48	151	5.85
Année météor. .	908	565	1.61	291	—
Année civile . . .	886	616	1.44	275	—

mographe de Richard. Il fournit, pour les différents mois de l'année. la *vitesse moyenne du vent* exprimée en *kilomètres par heure,* sans distinguer dans quelle direction soufflait le vent. On y constate que le mois le plus calme a été celui d'octobre; les mois d'été ont aussi été calmes ; les plus venteux ont été ceux de mars et de mai. Au reste, l'année 1914, sans être très venteuse, l'a été cependant sensiblement plus que 1913.

Si l'on recherche encore, dans le même ordre d'idées, les jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé, en moyenne, *25 kilomètres à l'heure,* on en trouve sept dans l'année météorologique, et six dans l'année civile. Ce sont tous des jours de *bise,* dont voici le tableau :

1914	Km. p. h.	Direction
31 décembre 1913	31.9	NNE
1er janvier 1914	25 1	»
26 février	26.7	»
15 avril	34.0	»
16 »	32.1	»
18 novembre	41.3	»
19 »	31.8	»

Le *tableau XXI* contient le relevé des jours de forte bise (NNE) et de fort vent du midi (SSW). Les nombres de jours de forte bise et de fort vent du midi, ceux-ci surtout, sont de nouveau très inférieurs cette année aux chiffres moyens, qui sont de 42 et de 44.

XXI. GENÈVE, 1914.

Période	Nombre de jours de forte bise	Nombre de jours de fort vent du midi
Décembre 1913..	6	4
Janvier 1914....	6	0
Février.........	2	1
Mars...........	0	0
Avril	4	0
Mai	5	1
Juin	0	0
Juillet..........	1	1
Août...........	1	0
Septembre	0	0
Octobre	2	0
Novembre......	3	0
Décembre	2	0
Année météorol.	30	7
Année civile ...	26	3

XXII. Vents. SAINT-BERNARD, 1914.

PÉRIODE	VENTS NE.	VENTS SW.	VENTS Rapport	Calme sur 1000
Décembre 1913...	146	35	4.17	86
Janvier 1914.....	116	19	6.11	247
Février..........	51	61	0.84	143
Mars	129	35	3.69	118
Avril	48	60	0.80	122
Mai	46	45	1.02	248
Juin	70	37	1.89	222
Juillet	89	45	1.98	153
Août............	47	46	1.02	269
Septembre.......	82	21	3.90	311
Octobre	47	92	0.51	86
Novembre	87	54	1.61	89
Décembre	49	78	0.63	97
Année météorol..	958	550	1.74	174
Année civile	861	593	1.45	175

XXIII. Pluie et neige. 1914.

PÉRIODE	GENÈVE Nombre de jours	GENÈVE Eau tombée	GENÈVE Nombre d'heures	SAINT-BERNARD Nombre de jours	SAINT-BERNARD Eau tombée	SAINT-BERNARD Hauteur de la neige
		mm			mm	cm
Décembre 1913...	10	70.8	41	9	133.2	186
Janvier 1914....	8	16.1	30	8	80.1	95
Février	8	32.0	25	9	106.3	112
Mars............	21	161.9	137	22	453.0	408
Avril	10	87.4	61	10	106.1	95
Mai.............	18	101.0	98	14	205.7	98
Juin.......... .	15	69.7	49	14	65.1	22
Juillet	17	153.3	86	17	223.4	13
Août............	10	161.5	67	14	115.5	36
Septembre.......	9	32.0	30	11	99.7	12
Octobre	15	37.0	53	13	141.2	114
Novembre	14	48.2	54	16	140.3	165
Décembre	18	158.0	119	15	145.9	192
Hiver	26	118.9	96	26	319.6	393
Printemps...... .	49	350.3	296	46	764.8	601
Eté.............	42	384.5	202	45	404.0	71
Automne........	38	117.2	137	40	381.2	291
Année météorol..	155	970.9	731	157	1869.6	1356
Année civile	163	1058.1	809	163	1882.3	1362

Grand Saint-Bernard. La direction du vent est observée à la girouette placée sur le nouveau bâtiment ; les observations se font trois fois par jour, en estimant la vitesse du vent, autant que faire se peut, suivant la demi-échelle de Beaufort.

Vu la situation de l'hospice sur le col, on n'y observe que deux vents, ceux qui correspondent aux grands courants du NE et du SW. Le calme s'observe plus rarement qu'à Genève ; il y en a eu cependant sensiblement plus que d'ordinaire cette année, quoique moins qu'en 1913. Le *tableau XXII* fournit les résultats moyens de ces observations en ce qui concerne les deux courants, leur rapport et les calmes.

VI. Pluie et neige

Le *tableau XXIII* fournit, pour *Genève,* les données relatives à l'eau tombée et, pour le *Grand Saint-Bernard,* celles relatives à la fois à la *pluie* et à la *neige.*

Il convient donc de compléter ces données, en ce qui concerne Genève, en indiquant ci-après les hauteurs de *neige* mesurées en 1914 à l'observatoire :

Neige a Genève en 1914

cm.				
4	en décembre	1913,	en 2	jours
19	» janvier	1914,	» 4	»
23	dans l'année météor.		en 6	jours
19	» »	civile	» 4	»

Il avait peu neigé depuis cinq ans à Genève. Il a encore neigé peu souvent en 1914, mais, grâce au mois de janvier, la hauteur totale a été un peu plus considérable cette année.

Le *tableau XXIV* indique les écarts entre les moyennes de Plantamour et les totaux de 1914 pour le nombre de jours de pluie et pour la hauteur d'eau tombée, aux deux stations, dans les divers mois, les saisons et l'année.

Comme 1913 et 1912, plus même que ces deux années, 1914 est une année pluvieuse, à *Genève,* sans cependant atteindre,

XXIV. Ecarts avec les moyennes de précipitations. 1914.

PÉRIODE	GENÈVE		GRAND ST-BERNARD	
	Jours de pluie	Eau tombée	Jours de pluie	Eau tombée
		mm		mm
Décembre 1913...	+ 1	+ 19.8	+ 1	+ 60.1
Janvier 1914.....	− 2	− 32.7	− 3	− 49.0
Février	0	− 4.5	0	+ 12.7
Mars............	+ 11	+ 114.7	+ 11	+ 356.1
Avril	− 1	+ 30.6	− 1	− 14.0
Mai.............	+ 6	+ 21.8	+ 3	+ 85.7
Juin	+ 4	− 6.2	+ 4	− 36.2
Juillet	+ 8	+ 82.5	+ 8	+ 148.3
Août............	0	+ 81.1	+ 5	+ 29.7
Septembre	− 1	− 62.3	+ 2	− 16.3
Octobre..........	+ 3	− 64.0	+ 3	− 1.1
Novembre.......	+ 3	− 25.8	+ 6	+ 41.8
Décembre.......	+ 9	+ 107.0	+ 7	+ 72.8
Hiver...........	− 1	− 17.4	− 2	+ 23.8
Printemps.......	+ 16	+ 167.1	+ 13	+ 427.8
Eté.............	+ 12	+ 157.4	+ 17	+ 141.7
Automne........	+ 5	− 152.1	+ 11	+ 24.3
Année météorol..	+ 32	+ 155.0	+ 39	+ 617.6
Année civile.....	+ 40	+ 242.2	+ 45	+ 630.3

loin de là, comme fréquence et quantité, aux totaux de l'année 1910, la plus pluvieuse depuis 1798. L'année civile est, d'ailleurs sensiblement plus humide que l'année météorologique, à cause du très pluvieux mois de décembre 1914, ce qui fait que, pour elle, le total de l'année dépasse sensiblement un mètre de pluie.

Au *Grand Saint-Bernard*, les deux années météorologique et civile présentent peu de différence, mais, pour toutes deux. la hauteur de pluie et de neige dépasse de beaucoup les totaux de 1913 et de 1912 et un peu celui de 1910, de sorte que, plus encore que celle-ci, elle peut être qualifiée d'exceptionnellement humide à la montagne.

Le mois le plus humide, au double point de vue absolu et relatif, est mars aux deux stations. A Genève, il est même *le mois de mars le plus humide* depuis l'origine des observations; au Grand Saint-Bernard, il a fourni une hauteur de plus de 4 mètres de neige. Le mois le plus sec à Genève est janvier, au point de vue absolu, avec 16 millimètres seulement ; mais,

au point de vue relatif, c'est octobre, puis septembre, mois qui sont d'ordinaire caractérisés par une forte hauteur de pluie. Au Saint-Bernard, le mois le plus sec est juin au point de vue absolu et janvier au point de vue relatif.

La *statistique de la pluie* a été, comme d'ordinaire, développée, pour *Genève,* dans les deux tableaux suivants :

Le *tableau XXV* donne, pour chaque mois, la plus longue période de sécheresse, ou le nombre maximum de jours consécutifs sans pluie, et la plus longue période pluvieuse, ou le nombre maximum de jours consécutifs où de la pluie a été recueillie. La plus longue période de sécheresse est en avril ; il y en a eu aussi en janvier, en février et en septembre ; les plus longues périodes pluvieuses sont en mars et en mai.

Le même tableau indique le nombre de jours où la hauteur de la pluie mesurée a été inférieure à 1^{mm} et à $^1/_4$ de millimètre. Enfin, ce tableau donne le maximum de pluie recueilli chaque mois ; le nombre de jours où la hauteur d'eau tombée a atteint ou dépassé 30 millimètres est de six cette année. Les totaux les plus remarquables sont ceux de juillet et d'août qui dépassent 60 millimètres.

Comme complément à ces indications, il sera intéressant de noter ici, comme précédemment, le relevé des plus violentes averses enregistrées durant un court espace de temps au pluviomètre d'Usteri-Reinacher. Les pluies un peu intenses sont moins fréquentes et moins accusées que d'ordinaire, comme l'année précédente.

Date 1914			mm.	minutes	mm. par min.
Avril	30		2	5	0 4
Mai	5		1.5	3	0.5
Juin	8		5	20	0.25
»	22		11	37	0.3
Juillet	15		4	8	0.5
»	24		3	10	0.3
Août	26-27		30	130	0.23
»	»	dont	6	12	0.5

Le *tableau XXVI* a pour but de permettre la comparaison des différents mois entre eux et des quatre saisons entre elles

XXV. Périodes de sécheresse et de pluie. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	PÉRIODES DE SÉCHERESSE	PÉRIODES PLUVIEUSES	PLUIE dans les 24 heures au-dessous de		PLUIE dans 24 heures	
			1mm	0mm.25	Maximum	Chute dépassant 30 mm.
					mm.	
Décembre 1913..	9 jours (8-16)	6 jours (2-7)	4 jours	0 jours	46.3 le 6	1
Janvier 1914....	13 » (13-25)	4 » (9-12)	5 »	1 »	9.6 le 6	—
Février	15 » (28 janv.-11 févr.)	6 » (18-23)	2 »	1 »	15.3 le 22	—
Mars	5 » (28-1 avr.)	10 » (18-27)	3 »	1 »	34.6 le 10	1
Avril	16 » (9-24)	7 » (2-8)	1 »	0 »	27.8 le 3	—
Mai............	5 » (13-17)	10 » (3-12)	6 »	1 »	30.6 le 9	1
Juin	9 » (23-1 juill.)	7 » (12-18)	5 »	0 »	19.0 le 7	—
Juillet	3 » (9-11, 17-19)	5 » (25-29)	3 »	0 »	63.0 le 22	1
Août	8 » (7-14)	3 » (4-6, 15-17)	0 »	0 »	61.4 le 5	2
Septembre	14 » (22-5 oct.)	3 » (11-13, 19-21)	2 »	1 »	6.2 le 11	—
Octobre	3 » (7-9, 11-13, 20-22)	4 » (14-17, 23-26, 28-31)	8 »	4 »	8.8 le 30	—
Novembre	5 » (6-10, 28-2 déc.)	7 » (11-17)	4 »	3 »	14.0 le 16	—
Décembre	6 » (21-26)	8 » (9-16)	1 »	1 »	39.6 le 14	1
Année météorol.	16 jours (9-24 avr.)	10 jrs (18-27 mars, 3-12 mai)	43 jours	12 jours	63.0 le 22 juill.	6
Année civile....	id.	id.	40 »	13 »	id.	6

XXVI. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	Durée relative de la pluie	Nombre moyen d'heures par jour	Eau tombée dans 1 heure
		h	mm
Décembre 1913......	0.055	4.10	1.73
Janvier 1914........	0.040	3.75	0.54
Février.............	0.037	3.12	1.28
Mars...............	0.184	6.52	1.18
Avril	0.085	6.10	1.43
Mai................	0.132	5.44	1.03
Juin	0.068	3.27	1.42
Juillet.............	0.116	5.06	1.78
Août...............	0.090	6.70	2.41
Septembre..........	0.042	3.33	1.07
Octobre	0.071	3.53	0.70
Novembre	0.075	3.86	0.89
Décembre...........	0.160	6.61	1.33
Hiver..............	0.044	3.69	1.24
Printemps..........	0.134	6.04	1.18
Eté	0.091	4.81	1.90
Automne...........	0.062	3.61	0.86
Année météorolog...	0.083	4.72	1.33
Année civile........	0.092	4.96	1.31

au point de vue des précipitations atmosphériques. Il est, à cet effet, calculé de façon à éliminer les inégales durées des mois et des saisons. On y trouve : 1° la *durée relative de la pluie,* ou la fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures de la période ; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie par jour de pluie,* obtenu en divisant, pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie ; 3° *l'eau tombée dans une heure,* obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période; ce dernier chiffre représente donc l'intensité moyenne des chutes d'eau.

Le *tableau XXVII* contient le relevé général des observations faites dans les douze stations pluviométriques du canton de Genève et à l'observatoire. A Puplinge, les observations ont été malheureusement interrompues au commencement d'août par la mobilisation de l'observateur et elles ont été complétées, pour ce mois-là seulement, par un chiffre entre

XXVII. Stations pluviométriques du canton de GENÈVE, 1914.

Station : Altitude : Observat. : M.	*Céligny* 421 m. Esquivillon	*Collex* 440 m. Emery	*Chambésy* 433 m. L. Perrot	*Châtelaine* 425 m. Ch. Platel	*Satigny* 465 m. Ch. Lambercy	*Athenaz* 428 m. A. Stœssel	Compesières 478 m. B. Babel	*Veyrier* 423 m. B. Babel	*Genève* 406 m. Observatoire	*Cologny* 450 m. H. Noll	*Puplinge* 445 m. A. Dunant	*Jussy* 470 m. J. Micheli	*Hermance* 380 m. Ch. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1913..	83.4	75.0	66.7	61.7	59.3	76.4	52.9	58.9	70.8	54.0	45.7	46.5	52.2
Janv. 1914.	24.4	22.0	16.2	16.0	15.3	13.4	19.9	15.1	16.1	16.9	15.3	18.4	20.9
Février....	39.2	36.7	33.3	29.4	40.1	33.6	32.8	34.3	32.0	27.3	28.4	31.1	36.4
Mars......	242.7	195.7	185.3	162.6	200.0	180.2	177.0	161.2	161.9	141.6	132.9	161.9	195.8
Avril......	94.3	81.3	85.7	78.1	93.8	97.3	79.2	91.1	87.4	80.9	81.3	90.6	93.6
Mai.......	117.8	92.7	109.1	94.1	93.5	95.1	97.0	120.9	101.0	101.7	107.4	136.3	101.4
Juin.......	84.5	67.9	67.5	65.2	59.8	63.4	79.1	87.3	69.7	71.7	96.4	99.3	108.2
Juillet.....	143.7	136.9	139.1	141.1	141.0	142.3	143.6	146.4	153.3	138.9	129.6	111.5	127.5
Août......	119.3	130.6	121.1	141.7	141.6	139.0	147.9	170.8	161.5	119.7	(150.0)	151.3	120.8
Septembre.	74.6	41.4	36.8	35.0	38.2	52.6	32.3	27.1	32.0	31.9	—	40.1	58.2
Octobre ...	52.4	35.8	39.3	33.3	28.4	26.9	30.5	34.0	37.0	35.0	—	47.9	43.0
Novembre .	68.4	55.5	55.9	51.7	62.3	58.4	53.2	39.1	48.2	41.3	—	42.0	49.6
Décembre .	176.4	162.0	153.5	(160.0)	168.8	142.3	149.5	128.3	158.0	142.7	—	155.4	157.8
Hiver.....	147.0	133.7	116.2	107.1	114.7	123.4	105.6	108.3	118.9	98.2	89.4	96.0	109.5
Printemps.	451.8	369.7	380.1	334.8	387.3	372.6	353.2	373.2	350.3	327.2	321.6	388.8	390.8
Eté.......	347.5	335.4	327.7	348.0	342.4	344.7	370.6	404.5	384.5	360.3	(376.0)	395.1	356.5
Automne..	195.4	135 7	132.0	120.0	128.9	137.9	116.0	100.5	117.2	111.2	—	130.3	150.8
An.météor.	1144.7	974.5	956.0	909.9	973.3	978.6	945.4	986.5	970.9	896.9	—	1010.2	1007.6
An.civile..	1237.7	1061.5	1042.8	(1008.2)	1082.8	1044.5	1042.1	1055.9	1058.1	985.6	—	1119.1	1113.2

parenthèses. Nous sommes heureux de constater que les autres séries d'observations n'ont pas subi d'arrêt, et nous profitons de cette occasion pour adresser nos sincères remerciements aux douze observateurs qui continuent à nous fournir les hauteurs de pluie tombées sur notre petit territoire.

Le *tableau XXVIII* fournit, d'une façon analogue, les hauteurs de pluie et de neige tombées dans les quatre stations pluviométriques qui existent le long du val d'Entremont. Je remercie aussi les observateurs dévoués de ces stations.

XXVIII. Stations pluviométriques du val d'Entremont, 1914.

Station Altitude	Martigny 474m		Orsières 900m		Bourg-St-Pierre 1630m		Gr. St-Bernard 2476m	
PÉRIODE	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
Déc. 1913.	41.1	1	42.1	5	35.1	36	133.2	186
Janv. 1914	43.2	24	51.4	19	29.1	30	80.1	95
Février ...	25.3	—	26.0	12	32.7	46	106.3	112
Mars	199.5	3	105.2	40	108.3	92	453.0	408
Avril	53 4	—	43.1	—	54 1	7	106.1	95
Mai	102.1	—	143.3	22	163.7	49	205.7	98
Juin......	30.8	—	38.6	—	82.3	—	65.1	22
Juillet....	106.8	—	114.0	—	142 5	—	223.4	13
Août. ...	150.7	—	132.0	—	133.2	—	115.5	36
Septembre	88.7	—	42.5	—	47.4	4	99.7	12
Octobre ...	73.0	—	111.3	—	165.2	55	141.2	114
Novembre.	74.7	2	54.0	20	41.2	43	140.3	165
Décembre.	61.1	—	39.8	—	31.6	28	145.9	192
Hiver. ...	109 6	25	119.5	36	96.9	112	319.6	393
Printemps	355.0	3	291.6	62	326.1	148	764.8	601
Eté.	288.3	—	284 6	—	358.0	—	404.0	71
Automne..	236.4	2	207.8	20	253.8	102	381.2	291
An. mét..	989.3	30	903.5	118	1034.8	362	1869.6	1356
Année civ.	1009.3	29	901.2	113	1031.3	354	1882.3	1362

Le *tableau XXIX* indique le nombre de *jours d'orage* ou *jours de tonnerre* à Genève, ainsi que le nombre de jours où des *éclairs* ont été vus à l'horizon, sans que le bruit du tonnerre fût perceptible. Le nombre des jours d'orage est absolument égal, cette année, au nombre moyen déduit par Plantamour de la moyenne des années de 1846 à 1875. Le mois le plus riche

en orages a été, comme c'est souvent le cas, le mois de juin. Il y a eu de petites averses de grêle, le 18 février et le 12 juin, mais sans inconvénients pour la campagne.

XXIX. Orages. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	Jours de tonnerre.	Jours d'éclairs sans tonnerre.	Grêle
Décembre 1913	1	—	—
Janvier 1914	—	—	—
Février	1	—	1
Mars	—	—	—
Avril	3	—	—
Mai	3	—	—
Juin	7	—	1
Juillet	5	2	—
Août	4	1	—
Septembre	1	2	—
Octobre	—	—	—
Novembre	—	—	—
Décembre	1	—	—
Année météorolog..	25	5	2
Année civile	25	5	2

VII. Nébulosité

La nébulosité s'exprime par les nombres de *zéro* à *dix : zéro* correspond à un ciel entièrement clair, *dix* à un ciel entièrement couvert. La mesure de la nébulosité se fait, à *Genève*, aux six observations diurnes, au *Grand Saint-Bernard,* trois fois par jour. La moyenne de ces six, ou trois, observations, donne la moyenne diurne de la nébulosité, représentée par un chiffre sans fraction. Pour les mois, les saisons et l'année, la nébulosité est exprimée par la moyenne des nébulosités de tous les jours de la période. Le chiffre principal est alors accompagné de dixièmes.

Dans le *tableau XXX,* la *nébulosité* et l'état du ciel sont exprimés sous deux formes pour les deux stations : à la cinquième colonne, par la nébulosité moyenne, puis, dans les quatre premières, par une classification des jours de la période en *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts*. Ces désignations comprennent les jours dont la nébulosité se mesure par un certain nombre des onze chiffres qui la représentent : les chif-

XXX. Nébulosité. 1914.

Période	Genève					Saint-Bernard				
	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne
Déc. 1913...	7	0	5	19	7.0	14	7	3	7	4.0
Janv. 1914..	2	2	3	24	8.6	15	8	2	6	3.3
Février.....	2	3	2	21	8.1	10	5	4	9	4.7
Mars.......	4	6	6	15	6.6	5	5	6	15	6.9
Avril......	8	10	4	8	4.7	5	8	5	12	6.0
Mai........	7	5	5	14	6.1	3	4	9	15	7.2
Juin.......	8	11	6	5	4.6	9	5	5	11	5.3
Juillet.....	7	6	8	10	5.5	5	6	6	14	6.5
Août.......	7	10	7	7	4.9	10	7	9	5	4.6
Septembre..	6	12	8	4	4.9	13	4	4	9	4.6
Octobre....	5	6	6	14	6.2	10	3	5	13	5.6
Novembre..	3	3	10	14	7.1	10	3	3	14	5.7
Décembre..	4	5	7	15	6.7	7	8	8	8	5.4
Hiver.....	11	5	10	64	7.9	39	20	9	22	4.0
Printemps..	19	21	15	37	5.8	13	17	20	42	6.7
Eté........	22	27	21	22	5.0	24	18	20	30	5.5
Automne...	14	21	24	32	6.1	33	10	12	36	5.3
Année mét..	66	74	70	155	6.2	109	65	61	130	5.4
» civile.	63	79	72	151	6.2	102	66	66	131	5.5

fres 0, 1 et 2 correspondent aux jours clairs ; 3, 4 et 5, aux jours peu nuageux ; 6 et 7, aux jours très nuageux ; 8, 9 et 10, aux jours couverts.

Le *tableau XXXI* fournit les écarts de la nébulosité aux deux stations par rapport aux moyennes calculées par Plantamour sur les observations des années de 1847 à 1875 pour Genève, et de 1846 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard. Ces moyennes figurent également dans le tableau, multipliées par 10 pour les ramener à la nouvelle échelle adoptée depuis l'année 1901.

Si l'année 1913 avait été un peu moins nuageuse que la moyenne aux deux stations, 1914 est normale à Genève et encore un peu plus claire que 1913 au Grand Saint-Bernard.

A *Genève,* l'hiver et l'été, sauf en décembre 1913 et en juin, ont été trop nuageux, surtout en février et en juillet ; les mois les plus clairs sont : juin au point de vue absolu, avril et surtout les deux mois de décembre au point de vue relatif.

XXXI. Écarts de la nébulosité. 1914.

PÉRIODE	GENÈVE Moyennes 1847-1875	GENÈVE Ecarts pour 1914	SAINT-BERNARD Moyennes 1846-1867	SAINT-BERNARD Ecarts pour 1914
Décembre 1913....	8.3	- 1.3	4.5	- 0.5
Janvier 1914......	7.9	+ 0.7	5.0	- 1.7
Février...........	6.7	+ 1.4	5.3	- 0.6
Mars.............	6.1	+ 0.5	5.9	+ 1.0
Avril.............	5.8	- 1.1	6.7	- 0.7
Mai..............	5.8	+ 0.3	6.9	+ 0.3
Juin..............	5.4	- 0.8	6.5	- 1.2
Juillet............	4.4	+ 1.1	5.5	+ 1.0
Août.............	4.7	+ 0.2	5.8	- 1.2
Septembre........	4.9	0.0	5.8	- 1.2
Octobre...........	6.9	- 0.7	6.1	- 0.5
Novembre.........	7.8	- 0.7	5.4	+ 0.3
Décembre.........	8.3	- 1.6	4.5	+ 0.9
Hiver.............	7.7	+ 0.2	4.9	- 0.9
Printemps.......	5.9	- 0.1	6.5	+ 0.2
Eté...............	4.8	+ 0.2	5.9	- 0.4
Automne.........	6.6	- 0.5	5.8	- 0.5
Année météorolog..	6.2	0.0	5.8	- 0.4
Année civile......	6.2	0.0	5.8	- 0.3

Au *Grand Saint-Bernard,* toutes les saisons sauf le printemps sont trop claires, l'hiver surtout. Le mois le plus clair est janvier au double point de vue absolu et relatif. Les mois les plus nuageux sont : mai au point de vue absolu, mars et juillet au point de vue relatif.

XXXII. Brouillard. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	Brouillard tout le jour	Brouillard une partie de la journée	Nombre total
Décembre 1913....	2	4	6
Janvier 1914......	1	3	4
Février...........	9	1	10
Mars.............	—	—	—
Avril.............	—	—	—
Mai..............	—	—	—
Juin..............	—	—	—
Juillet............	—	1	1
Août.............	—	1	1
Septembre........	—	2	2
Octobre...........	—	1	1
Novembre.........	—	6	6
Décembre.........	1	4	5
Année météorolog..	12	19	31
Année civile......	11	19	30

Le *tableau XXXII* donne, pour *Genève*, le nombre de jours de brouillard observés. Il y en avait eu moins que la moyenne de 1909 à 1913. Cette année, il y en a un chiffre voisin de cette moyenne (33) ; et surtout il y a un nombre normal de jours de brouillard toute la journée, grâce au commencement de février.

VIII. Durée d'insolation

Les deux héliographes installés à l'observatoire en 1896 et en 1909 ont fonctionné parallèlement toute l'année ; les deux *tableaux XXXIII* et *XXXIV* fournissent, heure par heure, la *marche diurne de la durée d'insolation* indiquée par les deux instruments, aux divers mois, saisons et dans l'année 1914, la dix-huitième où ces observations se font à Genève avec le plus ancien des deux. Les deux dernières colonnes des tableaux donnent la durée totale d'insolation et la moyenne diurne pour les différentes périodes de l'année.

De même que 1912 et 1913, 1914 fournit un total d'heures d'insolation inférieur à la moyenne des quinze années de 1897 à 1911 qui est de 1738 heures à l'ancien héliographe. Le déficit est de 143 heures, supérieur à celui de l'année dernière, mais ce n'est pas un minimum, car on ne comptait que 1548 heures en 1897.

Le déficit provient des trois premières saisons : il est de 50 heures en hiver, de 38 heures au printemps et surtout de 81 heures en été, déficit cependant inférieur à celui de l'été de 1913. Quant à l'automne, il présente un léger excédent de 26 heures de soleil.

Le maximum absolu d'insolation correspond, cette année, au mois de juin qui dépasse d'ailleurs de très peu la moyenne de quinze ans. Le minimum absolu est en janvier, comme en 1913 ; le minimum relatif, en juillet. L'année civile est un peu plus ensoleillée que l'année météorologique, comme l'an dernier, décembre 1914 ayant été moins nuageux que décembre 1913 parce que très chaud et quoiqu'il ait été très humide.

Le total général du tableau XXXIV dépasse de 237 heures seulement celui du tableau XXXIII. C'est beaucoup moins

XXXIII. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1914 (Ancien héliographe).

PÉRIODE	MATIN 4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	SOIR 12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	Durée d'insolation	Moyenne diurne
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1913...	—	—	—	—	1.0	5.9	8.8	9.9	8.7	8.2	7.3	2.6	—	—	—	—	52.4	1.69
Janv. 1914..	—	—	—	—	—	1.2	1.6	2.8	4.3	4.7	6.7	4.0	—	—	—	—	25.3	0.82
Février.....	—	—	—	0.4	1.3	3.3	3.9	4.2	6.1	5.1	5.0	4.5	2.2	—	—	—	36.0	1.29
Mars.......	—	—	—	4.2	7.4	9.5	13.1	12.6	11.6	12.6	12.6	10.2	10.3	1.0	—	—	105.1	3.39
Avril.......	—	—	7.2	14.1	15.6	16.0	16.0	16.6	18.2	16.8	16.2	17.2	15.9	9.2	0.8	—	179.8	5.99
Mai........	—	1.8	7.3	10.1	9.6	12.8	15.2	15.5	16.8	17.8	16.1	13.1	10.4	9.7	4.2	—	160.7	5.18
Juin.......	—	3.4	12.9	17.3	18.2	18.0	20.8	21.0	20.7	22.3	21.9	16.0	16.3	13.3	7.6	—	229.7	7.66
Juillet......	—	3.9	14.4	18.8	17.1	17.0	15.4	16.2	17.6	18.0	19.8	17.9	16.7	12.6	6.0	0.5	211.9	6.84
Août.......	—	1.7	12.5	17.5	18.1	18.3	17.9	20.9	20.9	22.2	21.0	19.9	16.7	13.1	3.1	—	224.1	7.23
Septembre..	—	—	1.3	8.4	11.4	11.8	18.2	22.0	21.4	23.4	23.0	23.2	19.1	6.7	—	—	192.9	6.43
Octobre....	—	—	—	2.4	8.1	11.0	12.3	13.3	15.1	15.8	14.6	14.6	10.2	0.6	—	—	118.0	3.81
Novembre..	—	—	—	0.3	3.5	7.2	7.9	8.5	9.3	9.5	7.7	1.9	0.2	—	—	—	59.0	1.97
Décembre...	—	—	—	0.4	3.9	7.6	9.3	10.7	11.9	11.6	9.4	1.2	—	—	—	—	69.0	2.23
Hiver......	—	—	—	0.4	2.3	10.4	14.3	16.9	19.1	18.0	19.0	11.1	2.2	—	—	—	113.7	1.26
Printemps..	—	1.8	14.5	28.4	32.6	38.3	44.3	41.7	46.6	47.2	44.9	40.8	36.6	19.9	5.0	—	445.6	4.84
Eté........	—	9.0	39.8	53.6	53.4	53.3	51.1	58.1	59.2	62.5	62.7	53.8	49.7	39.0	17.0	0.5	665.7	7.24
Automne...	—	—	1.3	11.1	23.0	33.0	38.4	43.8	45.8	48.7	45.3	42.7	29.5	7.3	—	—	369.9	4.06
Année mét.	—	10.8	55.6	93.5	111.3	135.0	151.1	163.5	170.7	176.4	171.9	148.4	118.0	66.2	22.0	0.5	1594.9	4.37
Année civ..	—	10.8	55.6	3.9	114.2	136.7	151.6	161.3	173.9	179.8	174.0	150.0	118.0	66.2	22.0	0.5	1611.5	4.42

XXXIV. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1914 (Nouvel héliographe).

PÉRIODE	MATIN								SOIR								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Decembre 1913.	—	—	—	—	3.8	8.0	12.5	10.9	9.7	9.6	8.1	4.4	—	—	—	—	67.0	2.16
Janvier 1914...	—	—	—	—	0.4	2.3	2.3	3.6	5 1	5.7	7.0	6.0	0.6	—	—	—	33.0	1.06
Fevrier.......	—	—	—	1.3	3.0	4.8	4.8	5.0	7.7	6.5	6.4	6.4	3.0	—	—	—	48.9	1.75
Mars..........	—	—	—	5.1	10.0	11.8	14.4	14.3	12.9	13.5	13.1	10.3	10.3	2.6	0.2	—	118.5	3.82
Avril..........	—	3.1	10.5	16.1	16.8	17.7	19 0	18.9	19.9	18.6	16.9	17.8	17.7	11.8	3.7	—	208.5	6.95
Mai...........	—	6.4	8.8	11.1	10.7	14.2	16.4	16.3	18.6	18.7	16.9	14.3	11.8	10 5	9.2	0.9	184.8	5.96
Juin...........	2.4	14 1	16.8	18.8	19.7	20.9	22.7	21.8	22.2	22.9	24.1	17.9	17.7	14.4	14.8	4.4	275.6	9.19
Juillet...	1.5	12.7	16.6	20.5	19.2	18 8	17.6	17.1	18.7	18.6	20.8	19.7	17.0	14.4	11.2	2.7	247.1	7.97
Août.....	—	5.2	15.7	17.8	18.8	18.8	18.7	21.5	21.0	22.5	21.2	20.1	18.0	14.9	8.4	0.1	242.7	7.83
Septembre.....	—	—	1.9	8.7	11.9	16.0	19.4	22.6	22.1	23.6	22.8	23.2	20.4	8.1	0.3	—	201.0	6.70
Octobre..	—	—	—	4.7	10.5	12.0	13 8	15.0	15.7	16.5	15.4	15.0	12.6	2.6	—	—	133.8	4 32
Novembre.....	—	—	—	0.9	5.1	8.7	8 6	9.4	10.2	11.0	8.9	6.8	1.4	—	—	—	71 0	2.37
Décembre.....	—	—	—	—	6 5	10.8	12.3	12.3	13.6	12.6	11.2	6.5	—	—	—	—	85.8	2.77
Hiver	—	—	—	1.3	7.2	15.1	19.6	19.5	22 5	21.8	21.5	16.8	3.6	—	—	—	148.9	1.65
Printemps.....	—	9.5	19 3	32.3	37.5	43.7	49.8	49.5	51.4	50.8	46.9	42.4	39.8	24.9	13.1	0.9	511.8	5.56
Eté...........	3.9	32.0	49.1	57.1	57.7	58.5	59.0	60.4	61.9	64.0	66.1	57.7	52.7	43.7	34.4	7.2	765 4	8.32
Automne......	—	—	1 9	14.3	27.5	36.7	41.8	47.0	48.0	51.1	47.1	45.0	34.4	10.7	0.3	—	405.8	4.46
Année métérol.	3.9	41.5	70.3	100.5	129.9	154.0	170.2	176.4	183.8	187.7	181.6	161.9	130.5	79.3	47.8	8.1	1831.9	5.02
Année civile....	3.9	41.5	70.3	100.5	132.6	156.8	170.0	177.8	187.7	190.7	184.7	164.0	130.5	79.3	47.8	8.1	1850.7	5.07

qu'en 1913 et qu'en 1912, où la différence était de plus de cent heures supérieure. La différence de sensibilité des deux appareils a donc diminué. Cela tient-il à des causes atmosphériques ou à une moindre différence de la sensibilité des cartons employés ? Il est plus facile de poser la question que de la résoudre. On peut cependant faire la remarque que la transparence générale de l'atmosphère n'a pas été troublée cette année, comme en 1913 et en 1912, par des poussières répandues dans les hautes couches. Or nous faisions l'observation en 1913 que la différence de sensibilité des deux héliographes devait augmenter avec la présence de troubles atmosphériques. La diminution de cette différence de sensibilité en 1914 viendrait donc à l'appui de ce que nous disions dans les résumés des deux années précédentes.

Le *tableau XXXV* est destiné à faire ressortir la différence entre la durée d'insolation du matin et celle de l'après-midi. Comme l'appareil est réglé sur le temps solaire *vrai*, les durées devraient être égales théoriquement, mais, en pratique, elles sont différentes. Le tableau les donne pour les deux héliographes, et il donne aussi la différence *soir—matin* de deux façons, en *heures* et en *pour cent* du total d'heures d'insolation.

L'excédent d'insolation du soir par rapport au matin est maximum en hiver et en automne, comme c'est le cas en général à Genève. Pour les deux autres saisons, la différence est faible, mais elle est dans le même sens aux deux appareils. Elle n'est en sens contraire qu'aux mois de décembre 1913 et juillet 1914 au nouvel héliographe.

Le *tableau XXXVI* a été constitué, comme les années précédentes, pour faire ressortir, entre la nébulosité et la durée d'insolation, la relation établie par Billwiller([1]), qui avait trouvé que la valeur de la nébulosité moyenne d'une période est, à peu de chose près, égale au rapport entre les heures de noninsolation ($t—i$) et le total d'heures d'insolation théoriquement possible (t).

Les colonnes du tableau XXXVI s'expliquent ainsi facilement. Le rapport $\frac{t-i}{t}$ a été multiplié par dix, afin d'être rendu

[1]) *Archives,* 1889, t. XXI, p. 404.

XXXV. Durée d'insolation avant et après midi. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	MATIN Nombre d'heures		SOIR Nombre d'heures		DIFFÉRENCE Soir — Matin nombre d'heures		DIFFÉRENCE Soir — Matin %	
	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.
Décembre 1913	25.6	35.2	26.8	31.8	+ 1.2	− 3.4	+ 2.3	− 5.1
Janvier 1914..	5.6	8.6	19.7	24.4	+14.1	+15.8	+55.7	+47.9
Février	13.1	18.9	22.9	30.0	+ 9.8	+11.1	+27.2	+22.7
Mars..........	46.8	55.6	58.3	62.9	+11.5	+ 7.3	+10.9	+ 6.2
Avril	85.5	102.1	94.3	106.4	+ 8.8	+ 4.3	+ 4.9	+ 2.1
Mai...........	72.3	83.9	88.4	100.9	+16.1	+17.0	+10.0	+ 9.2
Juin	111.6	137.2	118.1	138.4	+ 6.5	+ 1.2	+ 2.8	+ 0.4
Juillet	102.8	124.0	109.1	123.1	+ 6.3	− 0.9	+ 3.0	− 0.4
Août..........	106.9	116.5	117.2	126.2	+10.3	+ 9.7	+ 4.5	+ 4.0
Septembre....	76.1	80.5	116.8	120.5	+40.7	+40.0	+21.1	+19.9
Octobre	47.1	56.0	70.9	77.8	+23.8	+21.8	+20.2	+16.3
Novembre	27.4	32.7	31.6	38.3	+ 4.2	+ 5.6	+ 7.1	+ 7.9
Décembre.....	31.9	41.9	37.1	43.9	+ 5.2	+ 2.0	+ 7.5	+ 2.3
Hiver	44.3	62.7	69.4	86.2	+25.1	+23.5	+22.1	+15.8
Printemps	204.6	241.6	241.0	270.2	+36.4	+28.6	+ 8.2	+ 5.6
Eté	321.3	377.7	344.4	387.7	+23.1	+10.0	+ 3.5	+ 1.3
Automne	150.6	169.2	219.3	236.6	+68.7	+67.4	+18.6	+16.6
Année mét....	720.8	851.2	874.1	980.7	+153.3	+129.5	+ 9.6	+ 7.1
Année civile ..	727.1	857.9	884.4	992.8	+157.3	+134.9	+ 9.8	+ 7.3

comparable à la nébulosité moyenne de chaque période, dont les valeurs ont été empruntées au tableau XXX.

La relation de Billwiller ne correspond pas mieux que les cinq années précédentes aux indications fournies par les héliographes. Il y a même d'assez fortes divergences quantitatives dans les différences des deux dernières colonnes par rapport à l'année 1913. On peut dire, cette année, que, pour l'ancien héliographe, la relation se confirme tout à fait dans les mois de juillet à septembre, tandis qu'avant et après il y a de gros écarts positifs. Quant au nouvel héliographe, il donne aussi des écarts positifs faibles en hiver et au début du printemps comme en novembre, mais l'écart devient négatif de mai à octobre, et fortement négatif en juillet.

L'enregistreur d'insolation du château du Crest, à Jussy, dont M. Jules Micheli veut bien nous communiquer régulière-

XXXVI. Comparaison de la durée de la non-insolation a la nébulosité moyenne. GENÈVE, 1914.

PÉRIODE	Durée théorique d'insolation t	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$ Héliographe ancien	nouveau	Nébulosité moyenne	Différence Héliographe ancien	nouveau
	h					
Décembre 1913	270	8.1	7.5	7.0	+ 1.1	+ 0.5
Janvier 1914 .	282	9.1	8.8	8.6	+ 0.5	+ 0.2
Février	291	8.8	8.3	8.1	+ 0.7	+ 0.2
Mars	371	7.2	6.8	6.6	+ 0.6	+ 0.2
Avril	408	5.6	4.9	4.7	+ 0.9	+ 0.2
Mai	465	6.5	6.0	6.1	+ 0.4	- 0.1
Juin	471	5.1	4.2	4.6	+ 0.5	- 0.4
Juillet	475	5.5	4.8	5.5	0.0	- 0.7
Août	437	4.9	4.4	4.9	0.0	- 0.5
Septembre ...	375	4.9	4.6	4.9	0.0	- 0.3
Octobre	338	6.5	6.0	6.2	+ 0.3	- 0.2
Novembre	284	7.9	7.5	7.1	+ 0.8	+ 0.4
Décembre	270	7.4	6.8	6.7	+ 0.7	+ 0.1
Hiver	843	8.7	8.2	7.9	+ 0.8	+ 0.3
Printemps	1244	6.4	5.9	5.8	+ 0 6	+ 0.1
Eté	1383	5.2	4.5	5.0	+ 0.2	- 0 5
Automne	997	6.3	5.9	6.1	+ 0.2	- 0.2
Année mét ...	4467	6.5	5.9	6.2	+ 0.3	- 0.3
Année civile ..	4467	6.4	5.9	6.2	+ 0.2	- 0.3

ment les résultats d'observation, a fourni, en 1914, les durées d'insolation du *tableau XXXVII*.

Le total annuel d'heures d'insolation à Jussy, est, cette année, très inférieur à ce qu'il est à l'observatoire, en compa-

XXXVII. Durée d'insolation a Jussy, 1914.

	h.		h.
Décembre 1913	48.5	Juin 1914	202.9
Janvier 1914	22.1	Juillet	205.8
Février	30.6	Août	197.5
Mars	84.2	Septembre	167.9
Avril	152.4	Octobre	97.9
Mai	150.3	Novembre	58.9
		Décembre	54.3
Hiver	101.2	Eté	606.2
Printemps	386.9	Automne	324.7
Année météor.	1419.0	Année civ.	1424.8

rant naturellement les chiffres du tableau XXXVII à ceux du tableau XXXIII (ancien héliographe). Les totaux des saisons et des mois sont même tous inférieurs à Jussy. Il faut donc nécessairement admettre une différence d'interprétation des tracés sur les diagrammes des deux héliographes ou une différence de sensibilité très marquée des cartons préparés. Car, *a priori,* on devrait plutôt admettre que l'insolation doit être supérieure à la campagne à ce qu'elle est en ville, au moins durant les mois d'hiver et des saisons intermédiaires.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Assemblée du 3 mars 1914

Ch. Arragon. Analyse chimique des épices. — L. Tschumi. La stérilisation du sol. — Paul-L. Mercanton. Variations constatées en 1914 dans la position et la forme du front d'un certain nombre de glaciers suisses. — Id. Laisses glaciaires. — Id. Présentation d'un support pluviométrique.

Ch. Arragon. — *Analyse chimique des épices.*

Appelé à collaborer à la revision du chapitre « Epices » du *Manuel suisse des denrées alimentaires,* le conférencier s'est attaché tout d'abord à simplifier les méthodes chimiques suivies actuellement.

Il constate que l'analyse chimique des épices ne joue qu'un rôle très secondaire, et attribue ce fait à deux causes bien distinctes :

1° Le matériel analytique dont nous disposons est très pauvre et ne permet pas l'établissement de normes offrant des garanties suffisantes.

2° Les méthodes employées sont trop compliquées et exigent un temps considérable surtout pour ce qui concerne les dosages des huiles essentielles, de la matière grasse et de l'amidon.

Le conférencier fait une critique de ces méthodes et expose les résultats des essais faits au laboratoire cantonal dans le but de rendre les recherches plus rapides et plus sûres.

Pour le dosage de l'eau, il sera préférable de substituer à la méthode de l'étuve, qui ne donne que des résultats problématiques, celle de la distillation avec un liquide distillant à une température supérieure à 100°. On peut se servir indistinctement du Xylol ou de l'essence de térébenthine qui distillent entre 140-160°.

Pour que le dosage soit exact, il est indispensable d'avoir un appareil spécial dont les dimensions sont extrêmement réduites et dont le récepteur gradué est construit de manière à pouvoir être placé dans la centrifuge. Un modèle de cet appareil est présenté. Il permet de faire un dosage d'eau en 20 minutes, alors que l'ancienne méthode exigeait cinq à six heures.

La teneur en huiles essentielles et en matière grasse peut être

établie d'une manière exacte par voie indirecte : extraction par l'éther et distillation à la vapeur d'eau.

Cette nouvelle méthode représente également une économie de temps considérable.

Enfin pour l'amidon, une modification apportée au procédé de Sachse permet aussi de réduire le temps nécessaire au dosage, de six heures à une heure et demie.

Le conférencier annonce que d'autres essais, très intéressants, sont poursuivis au laboratoire, tendant à établir la teneur en pentosanes des épices et des caractères chimiques de la matière grasse.

Parallèlement à ses essais, le laboratoire du Service suisse d'hygiène procède actuellement à la recherche dans les épices des méthylpentosanes. Les résultats de ces différents essais seront exposés dans un communiqué ultérieur.

Le conférencier a réuni, dans un tableau, les chiffres obtenus au laboratoire pour une série complète d'épices, chiffres qui permettent l'établissement de normes et qui faciliteront le chimiste analyste dans son appréciation.

L. Tschumi. — *La stérilisation du sol.*

L'auteur regrette de ne pouvoir présenter dans ce premier communiqué des résultats d'expériences personnelles ; ce ne sera donc qu'un travail d'introduction, sorte de mise au point d'une question qui fait l'objet de recherches dans les plus grands laboratoires d'agriculture.

Après un court exposé de la situation agricole avant 1840 et des transformations apportées aux cultures par les découvertes de Liebig, l'auteur aborde la question de la fatigue des terres et examine les travaux entrepris pour expliquer ce phénomène curieux. En résumé, les conclusions auxquelles aboutissent ces recherches sont de deux sortes : L'une, d'ordre purement chimique, explique la fatigue du sol par une intoxication due à la présence de toxines, produit d'excrétion radiculaire ; plusieurs substances ont pu être isolées ; les plus importantes : la vaniline, la coumarine, la quinone, l'acide dioxystéarique, l'acide élaïdique ont une action nocive nettement déterminée.

L'autre explication serait une infection du sol par l'abondance de bacilles. Mais si l'on connaît, grâce au développement de la micrologie, le rôle des bactéries utiles, des azotobacter, nitronomas, clostridium, par contre l'étude des bactéries nuisibles est encore fort incomplète. La question est d'une complexité très grande ; mais des expériences sont en cours. Un fait certain, c'est l'action des désinfectants : la pratique de la stérilisation du sol soit par la chaleur, soit par l'emploi des antiseptiques, détermine toujours des augmentations de récoltes parfois considérables.

Parmi les travaux les plus récents et les plus complets, l'auteur cite ceux du bureau des sols de Washington et du Dr Miège, chef des travaux de l'école nationale d'agriculture de Rennes; il cite les résultats d'expériences tentées par une série de substances ne possédant aucun pouvoir fertilisant, mais qui toujours ont déterminé une surproduction vraiment étonnante; parmi celles dont l'action a été la plus marquée, le sulfure de carbone, le toluol, le formol, le soufre, le sulfate de cuivre sembleraient les plus indiquées; l'action de la chaleur, comme stérilisant, a été longuement étudiée.

Sans être résolue, la question de la fatigue des terres entre dans une voie purement expérimentale. Ce moyen permettra-t-il de tirer au clair cet intéressant problème ? L'avenir nous l'apprendra.

Paul-L. Mercanton rend compte des *variations constatées en 1914*, par les agents forestiers des cantons, dans la position et la forme du front *d'un certain nombre de glaciers suisses*.

La mobilisation de guerre d'une part, l'enneigement accentué des Alpes d'autre part, ont concouru à diminuer le nombre des glaciers contrôlés. Les renseignements recueillis se rapportent à 41 glaciers seulement (61 en 1913). Etaient en crue certaine en 1914, les glaciers de Zanfleuron, Stein, Eiger, Grindelwald supérieur et inférieur, Griessen, Firnälpli occidental, Piz Sol, Sardona et Rossboden; en crue probable, les glaciers du Rhône, de Lenta et du Puntaglas; venaient d'entrer en voie d'avancement, les glaciers de Lavaz et de Porchabella. Les glaciers de Kaltwasser, du Mont-Fort, du Grand-Désert et d'Erstfeld sont restés stationnaires; les 22 autres glaciers mensurés étaient en décrue.

Sur 100 glaciers contrôlés, on en trouve donc :

	En crue.	*Stationnaire.*	*En décrue.*
1914	36.5	10	53.5
1913	33	8	59
1912	45	4	51

La tendance à la crue est manifeste en 1914.

L'enneigement alpin a été progressif, cette année-là aussi.

M. Mercanton présente ensuite une feuille de l'Atlas fédéral (n° 505), levée en 1855 par Siegfried et revisée en 1912 par M. Charles Jacot-Guillarmod, ingénieur-topographe à Berne. Sur cette *carte de la région d'Hinterrhein*, M. Jacot a répéré exactement les *laisses glaciaires* créées depuis 1855 par le recul persistant de la glaciation. Il y a figuré aussi les névés nouveaux en septembre 1912. Il est hautement désirable que M. Jacot trouve des imitateurs pour la mise au point de tels documents sur les variations glaciaires.

M. MERCANTON présente enfin un *support pluviométrique* avec écran de Nipher, bâti par l'atelier de mécanique de l'Université (M. J. Pilet), sur le principe des appareils créés par le Bureau météorologique norvégien pour le contrôle des précipitations en région où il neige souvent. Ce support recevra un pluviomètre du type Hellmann usité en Suisse, et sera placé aux Ormonts-Dessus, au village des Diablerets. Il doit être le terme inférieur d'un groupe dont le second sera un totalisateur Mougin installé au sommet même des Diablerets.

Séance du 17 mars

J. Amann. Sur les aminoacides dans l'organisme. — Id. Présentation d'une fougère nouvelle pour la flore de la Suisse cisalpine : le *Gymnogramme leptophylla* (L.). — Paul-L. Mercanton. Présentation d'une Note préliminaire de M. A. de Quervain sur le canon d'Alsace entendu en Suisse à Noël 1914. — Id. Présentation d'une Note de M. C. Bührer sur le son du canon. — L.-W. Collet et R. Mellet. Sur la densité des alluvions.

J. AMANN fait une communication sur *les aminoacides dans l'organisme*.

Les acides mono- et diaminés provenant de la désintégration de la molécule d'albumine par le processus vital de la cellule animale, sont réduits, à l'état normal, en *urée* excrétée par le rein.

Dans le cas de troubles fonctionnels de divers organes, et surtout du *foie*, quelques-uns de ces acides : *glycocolle*, *alanine*, *leucine*, *tyrosine*, *cystine*, *histidine* et *arginine*, etc., se retrouvent dans l'urine. La constatation de leur présence et leur dosage présentent une certaine utilité au point de vue clinique, en ce qu'ils peuvent renseigner sur un trouble fonctionnel du foie, bien avant que d'autres symptômes de l'insuffisance hépatique apparaissent.

M. Amann présente les résultats de la statistique qu'il a faite de la variation du rapport de l'azote des acides aminés de l'urine à l'azote total, chez 600 malades de l'intestin (entérites diverses).

La méthode de dosage employée est celle de Sörensen-Henriques, basée sur la transformation des acides aminés en dérivés méthylénés par l'action de l'aldéhyde formique. La différence d'acidité résultant de cette transformation permet de doser l'azote des groupes NH_2 substitués, à la condition de déterminer d'autre part la proportion des sels ammoniacaux qui, eux aussi, réagissent avec la formaldéhyde. Le rapport *Azote des acides aminés : Azote total*, dont la valeur normale, chez l'homme sain, oscille, d'après les auteurs, autour de 3 %, peut s'élever, chez les entéritiques, jusqu'à près de 7 %.

J. Amann présente à la Société une *fougère nouvelle pour la Flore de la Suisse cisalpine : le Gymnogramme leptophylla* (L.), découvert tout dernièrement en Valais, dans le gouffre des Follaterres, près Fully, lors d'une excursion entreprise avec M. H. Gams, étudiant à l'Université de Zurich, qui découvrit cette plante, à l'aide de la jumelle, dans un endroit inaccessible. M. H. Gams a trouvé, entre Fully et Saillon, une deuxième station de cette plante rarissime qui, jusqu'ici, n'était connue en Suisse que dans une seule localité du Tessin et qui représente du reste un type franchement méridional.

Dans cette deuxième station, le Gymnogramme se trouve en compagnie d'une mousse, le *Timmiella anomala* (Schimp), qui, en Suisse, n'était connu, lui aussi, que dans la région insubrienne.

Paul-L. Mercanton présente une *Note préliminaire sur le canon d'Alsace entendu en Suisse à Noël 1914*, par A. de Quervain, membre honoraire de la Société, et dont voici le texte :

La discussion engagée, il y a quelque temps, dans la Société vaudoise des sciences naturelles, sur le canon de l'Alsace entendu le jour de Noël, discussion qui a été reproduite ensuite dans plusieurs journaux, a laissé le doute sur la réalité du phénomène.

Cela m'engage à vous présenter une note préliminaire sur les résultats de l'enquête que j'ai entreprise, à l'Institut central météorologique, pour éclaircir la question.

Ces recherches se rapportent à l'époque du 25 décembre 1914 au 4 janvier 1915, plus particulièrement au jour de Noël.

Un questionnaire spécial a été envoyé à la plupart des stations météorologiques et pluviométriques de la Suisse; de même nous avons tâché d'obtenir des renseignements de l'Allemagne du Sud et de la France. En tout, nous nous basons sur environ 600 rapports, dont nous remercions les auteurs.

A. *Faits principaux, concernant l'étendue.* — I. *Jour de Noël.*

a) Le canon du Sundgau (plus exactement de la région située environ 15 à 20 kilomètres à l'ouest et sud-ouest de Mulhouse) a été entendu à une distance extraordinaire, s'étendant vers le nord-nord-ouest à 160 kilomètres, vers le nord-est à l'est à 200 kilomètres (Wurtemberg), vers le sud-est et le sud à 160 kilomètres. Du secteur sud et ouest, offrant une grande anomalie, il sera question plus tard.

La limite des observations positives est indiquée par la région de Bade-Bade, Stuttgart, Ravensburg, Hohenstaufen (Bavière), Altstätten (vallée du Rhin), Malans (Coire), Fort du St-Gothard, Oberwald, Pfyn, Isérables (Valais), Gryon, Moudon, Cossonay.

b) La fameuse zone du silence se dessine moins nette que, par

exemple, dans l'explosion de la Jungfrau, mais elle existe parfaitement, longeant le Jura, touchant Bâle et passant même le Rhin pour pénétrer dans la Forêt-Noire. Dans plusieurs quartiers de Bâle et dans beaucoup d'autres communes du Jura on n'a rien entendu. Il y a cependant des exceptions.

c) Dans toute la région de Besançon, située à 100 kilomètres à l'ouest, on n'a rien entendu, alors qu'en Suisse orientale et centrale, à une distance bien supérieure, le phénomène a frappé tout le monde.

II. *Observations des jours suivants, surtout du 1er, du 3 et du 4 janvier*. Ces observations confirment, pour le territoire suisse, l'étendue trouvée pour le jour de Noël; dans certaines régions, cette étendue augmente encore un peu, ainsi pour la région de Montreux (observations de M. Bührer). Aux environs de Bâle, la zone du silence disparaît.

III. En 1870, on a entendu le canon de Belfort à peu près aux mêmes distances.

B. *Constatations sur la nature du phénomène.* — Les observations concordent à établir que le son a passé par l'air et non par le sol.

Le son a eu cette particularité d'être senti (par suite de la grande longueur d'ondes?) aussi bien par toute la surface du corps que par les oreilles. En plusieurs cas, des personnes tout à fait sourdes ont été inquiétées par le phénomène.

Explication. — L'explication est, à mon avis, celle que nous avons donnée pour l'étendue du son de l'explosion de la Jungfrau, explications basées sur les recherches de Mohn et Schietz concernant l'audibilité des signaux acoustiques sur mer, etc.

Les faits principaux des lois dont il s'agit ici sont les suivants : Quand il y a décroissance de température avec la hauteur, les ondes suivent des trajectoires dont le côté convexe est tourné vers le sol. Quand il y a *accroissement* de la vitesse du vent avec la hauteur, les trajectoires des ondes sonorent se recourbent vers le sol, dans la direction où va le vent, et s'en détournent dans la direction opposée. La superposition des deux influences peut donner lieu aux phénomènes de la zone du silence. Les dessins schématiques et les cartes, présentés à la séance, de trois cas d'explosions connus illustrent suffisamment ce dont il s'agit.

Pour le jour de Noël et les jours suivants, les conditions météorologiques pour une transmission extraordinaire du son paraissent remplies.

Près du sol, il y avait (à Noël) une légère bise, augmentant jusque vers 1300 mètres. Plus haut, nous ne possédons pas d'observations de l'atmosphère libre. Mais les observations aérologiques très nombreuses et concordantes de notre Institut, faites en

des situations analogues, permettent de conclure presque avec certitude que le jour de Noël et les jours suivants la bise (ou le vent du sud-ouest, pour janvier) a été coupée, à la hauteur de 2500 à 3000 mètres, par un vent très fort du nord-ouest. C'est cette couche qui a déterminé le retour des ondes sonores vers la terre.

En terminant, il convient de mentionner l'hypothèse de Wegener et de Borne, admettant une sorte de réflexion sur une atmosphère composée d'hydrogène, commençant à 70 kilomètres. Si cette hypothèse est juste, la zone de l'audibilité devrait être annulaire. Les constatations négatives de Besançon sont très défavorables à cette hypothèse.

M. Mercanton lit également la note suivante de C. Bührer :

A Chailly sur Clarens, on a entendu le canon à plusieurs reprises depuis le Nouvel-An. Le son paraît descendre des Pléïades ou parvenir de Blonay. On l'a entendu encore très bien les 5 et 6 mars derniers. (Renseignements donnés par une dame habitant une maison isolée du côté de Chailly; la même dame m'a fourni aussi des renseignements à Noël et au Nouvel-An.)

La propagation du son, à ras du sol, dépend certainement en grande partie de l'humidité de l'air. Par temps humide, j'entends les trains passant sur l'autre rive du Léman, entre Bouveret et Saint-Gingolph. Nous entendons quelquefois, ici à Clarens, les cloches de l'église de Montreux comme si nous étions à côté, d'autres jours nous n'entendons rien. De la terrasse du cimetière de Clarens, on entend quelquefois, le dimanche matin, sonner les cloches de Blonay et celles de Villeneuve. Nos agriculteurs prédisent alors la pluie.

J'ai entendu un jour, au sommet de Naye, l'orchestre du Kursaal de Montreux jouant dans le jardin. Ce n'était pas assez distinct pour reconnaître les mélodies, mais suffisamment accentué pour saisir les sons des divers instruments. Mon compagnon de course les entendait comme moi.

Nous remarquons aussi une grande différence dans l'intensité des coups de canon tirés dans les forts de Saint-Maurice d'une fois à l'autre. Dans ce cas particulier, la différence peut aussi provenir des calibres divers des canons.

L.-W. Collet et R. Mellet. — *Sur la densité des alluvions.*

La détermination quantitative des matières en suspension dans l'eau des rivières et des torrents se fait par pesées. Le résultat est généralement exprimé en grammes de substance sèche par litre d'eau. Si l'on veut utiliser les chiffres ainsi obtenus pour calculer la durée de colmatage d'un bassin quelconque, il faut pouvoir

transformer ces poids en volumes, ce qui exige la connaissance d'une densité.

Or, la densité dont il faut tenir compte ici n'est ni la densité réelle de l'alluvion desséchée, comme l'ont fait par erreur certains auteurs, ni la densité réelle de la boue formée par l'alluvion déposée dans l'eau, comme l'ont fait d'autres expérimentateurs. Il s'agit en effet de transformer des poids de substance sèche en volumes de boue imprégnée d'eau. Il faut donc considérer ici une *densité fictive*, qui est le rapport du poids d'une certaine quantité de matière sèche au volume total de la boue qui en résulte après dépôt dans l'eau.

Ayant eu l'occasion d'étudier les troubles de la Massa (principal émissaire du glacier d'Aletsch), les auteurs en ont déterminé très exactement les trois densités dont il vient d'être question.

Les valeurs moyennes obtenues sont :

Densité réelle de l'alluvion desséchée	2,38
Densité réelle de l'alluvion déposée dans l'eau	1,48
Densité fictive	0,83

Les valeurs de densités dont on a tenu compte jusqu'ici pour les calculs de colmatage paraissent donc généralement trop fortes. Cependant, comme on ne sait rien sur le degré de tassement des vases sur le fond d'une nappe d'eau, tassement qui est fort probablement plus complet que dans des récipients de laboratoire, on peut admettre que l'erreur commise est négligeable lorsqu'on prend la valeur de la densité réelle de l'alluvion déposée dans l'eau sous forme de boue, tandis que l'erreur commise est certainement très considérable si l'on base des calculs de colmatage sur la valeur de la densité réelle de l'alluvion desséchée. Les densités oscillant autour de 1,5 sont donc admissibles. Les valeurs supérieures à 2, admises par certains auteurs, sont certainement trop élevées; elles correspondent déjà à la densité de vases consolidées (calcaires, argiles, marnes).

Séance du 7 avril

Arthur Maillefer. Résultat des expériences faites en 1912 et 1913 sur le géotropisme de l'avoine. — Id. Présentation d'une macération de la tige d'*Heracleum Mantegazzianum* et d'une autre de la capsule de *Campanula vilicaulis*. — M. Lador. Présentation d'une tige fasciée de giroflée. — M. Cornu. Beaux exemplaires de *Lathrea squamaria*.

M. Arthur Maillefer communique le résultat des expériences qu'il a faites en 1912 et 1913 sur le *géotropisme de l'avoine*.

Des plantules d'avoine ont été exposées horizontalement pendant cinq minutes, puis replacées verticalement ; le déplacement de leur extrémité était mesuré ensuite de cinq en cinq minutes au cathétomètre ; il ressort de ces expériences qu'après s'être courbée rapidement, la plante revient lentement à sa position initiale.

M. Arthur Maillefer présente une *macération de la tige d'Heracleum Mantegazzianum,* qui permet de voir particulièrement bien comment les faisceaux fibro-vasculaires d'un rameau se raccordent avec la tige, et une macération de la capsule de *Campanula vilicaulis.*

M. Lador présente une *tige fasciée* de giroflée.

M. Cornu a apporté de beaux exemplaires de *Lathrea squamaria.*

Séance du 21 avril

P.-L. Mercanton. Présentation d'une note de Hans Hess sur l'électricité. — J. Amann. L'îlot insubrien de Fully-Saillon. — A. Bonard. Sur les associations de cristaux ou mâcles.

M. Mercanton présente une note de M. Hans Hess, membre honoraire, professeur à Nuremberg, sur l'*Electricité,* cette note paraîtra dans le Bulletin.

M. J. Amann fait une communication sur l'*îlot insubrien de Fully-Saillon.*

Ensuite de la découverte, en Valais, du *Gymnogramme leptophylla* (L), fougère nouvelle pour la Suisse cisalpine, MM. Amann et Gams ont entrepris l'exploration de cette station fort remarquable au point de vue de la géographie botanique. Ces recherches ont abouti à la découverte de toute une colonie de mousses et hépatiques très particulières, représentant, comme le *Gymnogramme,* des types nettement *hygro-thermophiles,* bien distincts, au point de vue biologique, des *Xérothermophiles* qui caractérisent la flore des régions chaudes du Valais.

Ces types sont les suivants :

1. — Fougères : *Gymnogramme leptophylla* (L.)

2. — Mousses. *a.* Acrocarpes : *Oreoweisia Bruntoni* (Smith)
Fissidens Bambergeri Milde
Barbula sinuosa Wils.
Timmiella anomala (Br. eur.)
Funaria mediterranea (Lindb)

b. Pleurocarpes : *Fabronia pusilla* Raddi

3. — Hépatiques. *a*. Marchantiacées: *Targonia hypophylla* L.
b. Jungermanniés anacrogynes : *Sphærocarpus californicus* Austin.

Comme le *Gymnogramme*, le *Timmiella* et l'*Oreoweisia* appartenaient, jusqu'ici, exclusivement à la flore insubrienne et sont des acquisitions nouvelles pour la flore de la Suisse cisalpine.

Le *Fissidens* et le *Targonia* sont nouveaux pour la Suisse; le *Sphærocarpus*, type californien, est nouveau pour l'Europe Centrale.

L'*îlot insubrien* valaisan paraît être limité à l'affleurement des schistes cristallins à la base du massif de la Dent de Morcles et ne pas s'étendre sur les terrains dépendant des roches du Carbonifère et du Jurassique adjacents.

Ces plantes hydrothermophiles vivent, en Valais, dans des stations très spéciales, cachées dans des excavations et de petites grottes sous les blocs et les rochers, véritables serres-chaudes où elles trouvent réunies les conditions nécessaires d'humidité et de chaleur constantes, en même temps que l'abri contre le vent et l'insolation considérable qui caractérise le climat de cette région.

Il est remarquable de voir, tout autour de cette station, le sol recouvert, au premier printemps, de la flore désertique et steppique xérothermophile comprenant, d'après les recherches de M. Gams, une soixantaine d'espèces différentes (parmi lesquelles : *Gagea saxatilis, Sherardia, Viola valesiaca, Arabis muralis, Trigonella Monspeliaca, Vesicaria, Epheda*, etc.) A peu de distance, se trouvent, par contre, des types franchement alpins.

Relativement à l'origine de cette colonie insubrienne, on peut faire deux hypothèses, en supposant que ces plantes sont immigrées de la région méditerranéenne en remontant la vallée du Rhône (ce qui paraît probable pour le *Fabronia* qui se retrouve à Genève, et le *Barbula sinuosa* observé à Genève, Rivaz et Roche); ou bien que l'immigration a eu lieu à partir des vallées sudalpines par-dessus la chaîne pennine, le *Gymnogramme* et le *Timmellia* existant dans les vallées d'Aoste et d'Antrona.

M. le prof. A. Bonard donne, dans un exposé rapide, le résumé des théories récentes sur les *associations de cristaux* ou *mâcles*.

Il montre que, selon toute probabilité, le but final de ces groupements tend à donner à l'ensemble un pouvoir de résistance plus considérable aux actions de désagrégation.

Il appartiendra à la chimie et à la mécanique rationnelle d'aider le minéralogiste dans l'étude de cette question complexe des mâcles.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Augusto Righi. Sulla distribuzione della corrente in un elettrolita posto nel campo magnetico. Nota estratta dal vol. XXIV, serie 5ª, 1° sem. fasc. 11° dei *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*. Seduta del 6 giugno 1915. Roma.

Plusieurs recherches expérimentales et théoriques pour étudier les effets produits par le champ magnétique sur le mouvement des ions et des électrons dans un gaz parcouru par le courant électrique, avaient déjà permis à l'auteur de démontrer que leurs chocs sur les parois du tube qui contient le gaz donnent une résultante qui tend à déplacer le tube même. C'est un effet identique à celui produit par un courant parcourant un conducteur de même forme et dimension. La force pondéromotrice agissant sur le tube est donc bien la résultante des pressions dues aux chocs produits par les électrons et par les ions, soit sur les molécules gazeuses, soit directement sur les parois. Si l'on modifie les trajectoires des particules électrisées à l'aide d'un champ magnétique, la pression sur les parois, due aux chocs, doit résulter modifiée et être toujours différente de zéro. Cette nouvelle théorie des forces pondéromotrices électromagnétiques doit évidemment s'appliquer aussi au cas des liquides. Dans cette Note, illustrée par trois figures, l'auteur décrit les expériences qu'il vient d'exécuter utilisant un gros électroaimant de Weiss disposé avec son axe magnétique vertical, entre les pôles duquel est placée la cuvette rectangulaire en verre contenant le liquide électrolyte avec les électrodes. L'effet produit par le champ magnétique devient très grand lorsque la couche de liquide est très mince. Comme la théorie le faisait prévoir, ces expériences ont montré que sans le champ il n'y avait point de déviation sensible, tandis qu'avec l'intervention de ce dernier elle se manifestait très nettement. Ainsi, par exemple, avec un champ de 6700 gauss et un courant dans le liquide de 0,2 ampère, la déviation correspondante a été de 0,0003 ampère.

Th. T.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1915

Le 1, nombreux éclairs dans la soirée; orage et pluie dans la nuit.
2, petite pluie le matin; orage à 2 h. 05; forte pluie avec un peu de grêle et pluie dans la nuit. Des chutes de grêle assez fortes ont été constatées par les stations pluviométriques de la rive droite; il y a eu notamment une chute abondante à peu de kilomètres à l'ouest de la ville et de gros grêlons à Châtelaine, au Petit-Saconnex et à Sécheron.
3, pluie de 6 h. 30 à 8 h. du soir et dans la nuit; éclairs dans la soirée.
4, petite pluie à 9 h. 25 du matin et 2 h. 45 du soir.
5, pluie dans la nuit.
6, les dernières traces de neige ont disparu sur le Jura.
7, rosée le soir.
Les 8 et 9, rosée le matin.
Le 12, orage et pluie dans la nuit.
13, pluie de 7 h. à 11 h. du matin et dans la nuit.
14, petite pluie à 11 h. 30 du matin.
Les 17, 18, 19, 20, et 21, rosée le matin.
Le 21, pluie dans la nuit.
22, petite pluie dans la matinée; forte bise depuis 4 h. du soir.
23, très forte bise jusqu'à 8 h. du soir.
Les 24, 25, 26 et 27, rosée le matin.
Le 27, nombreux éclairs depuis 10 h. du soir.
28, éclairs dans la soirée et pluie dans la nuit.
29, pluie depuis 8 h. du soir; orage à 8 h. 35 et pluie dans la nuit.
30, petite pluie dans la matinée.
31, rosée le matin.

GENÈVE — AOUT 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	26.2	25.1	24.9	25.32	− 2.60	24.0	26.3	SSE. 0	NNE. 1	SE. 1	var.	2.7	8	1	9	6	9.1	10.8	5
2	25.2	23.5	26.9	25.30	− 2.63	**23.0**	27.0	SW. 1	NNE. 1	NW. 1	NNE. 1	2.2	9	9	3	9	5.3	**30.6**	**7**
3	26.6	26.9	28.5	27.04	− 0.90	25.8	28.7	SSW. 2	SSW. 2	SE. 1	SSW. 1	6.4	7	9	8	9	5.4	15.6	7
4	28.3	28.1	29.5	28.54	+ 0.59	28.0	30.0	SSW. 1	SSW. 1	SE. 1	SSW. 1	3.8	8	2	0	5	6.5	0.9	1
5	29.9	29.3	28.9	29.25	+ 1.30	28.2	30.0	S. 1	NNE 1	SSE. 1	NNE. 1	2.5	0	1	0	1	13.1	1.6	2
6	30.5	29.8	30.5	30.09	+ 2.13	29.4	31.0	NNE. 1	NW. 1	W. 1	NNE. 1	2.8	9	5	7	7	8.0	....	....
7	32.0	31.8	31.9	**31.61**	+ **3.65**	30.8	**32.3**	NNW. 0	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	2.3	9	1	0	2	9.8	....	....
8	32.0	30.2	29.8	30.70	+ 2.74	29.1	32.0	SE. 0	NNE. 1	SSE. 0	N. 1	2.1	0	0	0	0	13.7	....	...
9	29.5	28.6	28.1	28.78	+ 0.81	27.5	29.7	N. 0	N. 1	S 1	calme	1.4	0	0	0	0	**13.9**	....	...
10	28.3	28.1	29.1	28.32	+ 0.35	27.7	29.4	W. 1	NW. 1	SE. 1	SSW. 1	2.5	9	7	0	5	7.6	0.1	....
11	29.2	28.6	28.8	28.84	+ 0.87	28.2	29.4	SSW. 1	SSW. 1	NW. 1	SSW. 1	1.9	4	3	0	3	11.6	....	...
12	28.2	26.8	26.2	27.29	− 0.68	26.0	28.8	SSE. 1	NNE. 1	SE. 0	var.	3.6	8	9	2	7	9.2	19.5	6
13	26.0	25.7	26.0	25.85	− 2.12	25.4	26.4	SSE. 1	W. 1	SW. 1	var.	2.6	10	9	2	7	1.6	6.8	4
14	26.1	26.9	27.9	26.77	− 1.20	25.5	28.2	SE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	6.1	3	8	0	4	8.3	0.1	....
15	28.0	27.1	27.2	27.41	− 0.55	26.5	28.2	E. 0	SSW. 1	SE. 0	SW. 1	3.5	1	2	0	2	12.1	....	....
16	27.4	26.5	26.6	26.76	− 1.20	25.8	27.5	SE. 1	S. 1	SE. 1	SSW. 1	3.7	0	1	0	2	12.4	....	....
17	27.0	26.6	26.9	26.83	− 1.12	26.3	27.3	SE. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 1	6.5	3	2	0	3	10.3	....	....
18	26.7	25.3	25.7	25.92	− 2.03	24.7	27.2	S. 0	NNE. 1	SE. 1	NW. 1	6.1	0	1	0	1	12.2	....	....
19	26.0	25.6	27.0	26.02	− 1.92	25.5	27.9	E. 1	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	6.6	0	4	2	2	12.1	....	....
20	28.4	28.5	29.5	28.52	+ 0.59	27.9	30.0	W. 1	NNW. 1	NE. 1	NE. 1	6.0	0	1	0	1	11.6	....	....
21	30.6	29.7	28.8	29.70	+ 1.78	28.6	30.7	S. 1	NW. 1	SW. 1	var.	2.9	0	9	9	6	8.9	1.6	1
22	29.4	30.3	32.0	30.22	+ 2.31	28.6	32.2	NE. 1	NE. 1	NNE. 2	NE. 1	7.7	9	1	9	6	7.1	0.8	1
23	32.0	31.4	31.4	31.54	+ 3.64	30.8	32.0	NNE. 3	NNE. 4	NNE. 2	NNE. 2	**23.2**	4	2	0	1	11.9	....	...
24	30.7	30.2	30.2	30.48	+ 2.59	29.4	31.5	SSW. 1	NNE. 1	SW. 1	NNE 1	5.8	3	4	2	3	11.0	....	...
25	30.3	29.2	29.0	29.56	+ 1.68	28.4	30.4	SE. 0	NNE. 1	NE. 1	NE. 1	2.6	0	0	0	0	12.3	.. .	....
26	28.8	27.4	26.9	27.73	− 0.14	26.2	29.0	E. 0	NNE. 1	SSW. 0	NNE. 1	3.7	0	1	0	1	12.4	...	....
27	27.2	26.1	26.2	26.48	− 1.37	25.1	27.3	SE. 0	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	3.1	0	1	9	3	11.4	....	.. .
28	26.4	24.8	24.2	25.16	− 2.68	23.1	25.5	SSW. 1	NNE. 1	SW. 1	SSW. 1	4.0	5	8	4	5	10.9	0.7	2
29	23.9	23.8	24.6	**24.04**	− **3.78**	23.6	24.9	W. 1	SSW. 1	NW. 1	SSW. 1	8.8	9	9	10	9	1.1	12.6	7
30	24.7	26.6	29.0	26.32	− 1.48	24.2	29.6	SW. 1	NW 1	NNE. 1	NW. 1	10.0	7	9	0	5	6.6	0.3	1
31	30.2	29.6	29.7	29.68	+ 1.90	29.0	30.5	S. 1	NE. 1	SE. 1	NNE 1	8.2	0	1	0	0	12.4	....	....
Mois	28.24	27.68	28.13	27.94	+ 0.23							5.01	1.0	4.0	2.5	3.7	300.1	102.0	44

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+11.0	+22.0	+19.2	+17.70	− 1.07	+ 9.0	+27.5	81	57	80	72	+ 5	43	97	—	—	1765
2	16.4	22.3	14.0	16.41	− 2.33	12.6	21.7	94	74	90	**90**	**+22**	70	**99**	18.5	− 0.2	1740
3	15.0	18.6	13.0	14.91	− 3.79	11.2	20.3	80	51	93	79	+11	48	94	18.3	− 0.5	1795
4	14.6	19.0	14.0	14.94	− 3.73	10.0	20.1	71	58	72	74	+ 6	53	93	13.7	− 5.1	1810
5	12.0	18.7	16.3	14.97	− 3.66	7.8	21.2	81	53	67	68	0	36	96	10.7	− 8.1	1820
6	14.2	24.1	20.6	18.15	− 0.44	11.0	25.6	90	46	65	71	+ 2	44	93	11.5	− 1.3	1815
7	17.8	23.4	19.2	19.74	+ 1.19	15.2	24.3	79	50	81	68	− 1	47	88	17.5	− 1.3	1800
8	17.3	22.9	20.0	19.39	+ 0.89	11.8	26.0	83	57	78	72	+ 3	45	94	—	—	1770
9	16.3	21.0	19.8	19.48	+ 1.03	12.0	27.2	82	58	70	66	− 3	**28**	95	19.5	+ 0.7	1750
10	18.6	27.3	21.4	21.16	+ 2.76	13.3	28.0	78	57	78	72	+ 3	50	91	19.5	+ 0.7	1750
11	18.9	27.6	20.6	**21.70**	+ 3.35	15.3	**29.0**	82	46	76	68	− 1	41	90	19.0	+ 0.2	1705
12	18.9	22.3	21.0	20.14	+ 1.85	15.3	24.4	76	63	71	71	+ 1	47	91	20.5	+ 1.7	1770
13	16.0	21.7	17.5	17.99	− 0.24	14.8	22.7	96	66	85	84	+14	58	98	19.5	+ 0.7	1680
14	16.9	21.0	16.8	17.95	− 0.22	13.5	23.0	72	50	72	71	+ 1	47	95	18.5	− 0.3	1670
15	13.8	22.3	16.3	17.07	− 1.03	10.5	24.0	86	42	71	67	− 3	36	94	—	—	1660
16	14.0	21.8	15.1	16.54	− 1.49	9.5	23.3	76	35	67	**62**	− 8	32	91	17.5	− 1.3	1650
17	12.6	19.3	15.6	14.95	− 3.01	9.2	20.3	81	37	68	67	− 3	36	94	18.0	− 0.8	1650
18	12.4	19.2	14.5	14.99	− 2.97	8.0	20.7	83	47	76	69	− 2	36	96	18.7	− 0.1	1640
19	12.3	19.2	15.8	15.01	− 2.80	7.2	21.0	82	50	64	70	− 1	41	95	19.5	+ 0.7	1620
20	11.4	19.4	15.8	15.00	− 2.73	8.0	20.7	80	53	65	69	− 2	43	93	19.3	+ 0.6	1620
21	11.9	19.0	17.2	15.04	− 2.61	7.5	20.8	81	41	60	67	− 4	38	94	19.3	+ 0.6	1625
22	13.6	13.2	14.2	13.75	− 3.82	9.5	18.0	63	81	65	70	− 2	51	92	—	—	1645
23	13.2	17.8	15.8	15.35	− 2.13	11.0	19.5	75	59	69	67	− 5	50	86	18.3	− 0.3	1645
24	11.7	18.9	14.9	15.18	− 2.21	8.5	21.3	87	61	83	72	0	51	88	18.7	+ 0.1	1635
25	13.7	20.6	17.3	16.56	− 0.74	9.2	22.8	85	60	77	72	0	47	86	19.0	+ 0.4	1640
26	14.5	21.0	17.7	17.21	0.00	10.0	23.0	86	58	68	75	+ 2	55	90	19.0	+ 0.5	1630
27	15.0	23.2	19.6	18.26	+ 1.15	11.4	23.8	87	57	85	77	+ 4	54	91	19.8	+ 1.3	1645
28	16.3	24.3	21.8	20.42	+ **3.41**	13.5	28.4	87	63	54	70	− 3	41	93	19.8	+ 1.3	1650
29	17.3	23.3	16.9	19.45	+ 2.54	15.8	24.0	80	54	92	69	+ 4	52	96	—	—	1625
30	17.1	17.7	12.9	16.15	− 0.65	11.2	21.2	76	66	68	68	+ 6	44	95	15.3	− 3.1	1700
31	+ 9.0	+16.7	+12.4	+**12.18**	− **4.52**	+ **5.5**	+18.0	86	45	68	64	**+10**	37	91	15.8	− 2.5	1695
Mois	+14.73	+20.99	+17.01	+17.02	− 0.89	+10.91	+22.97	82	55	73	71	0			17.99	− 0.66	1695

MOYENNES DE GENÈVE — AOUT 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc	28.67	28.55	28.83	28.76	28.12	27.91	28.23	28.88	28.49
2e »	27.23	26.98	27.31	27.30	26.77	26.49	26.75	27.34	27.02
3e »	28.40	28.30	28.56	28.62	28.10	27.75	27.93	28.46	28.27
Mois	28.11	27.95	28.24	28.24	27.68	27.40	27.65	28.23	27.94

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+13.28	+12.05	+15.62	+19.06	+22.13	+22.49	+19.77	+17.08	+17.68
2e »	13.29	11.70	14.72	18.93	21.38	22.11	19.02	15.92	17.13
3e »	13.08	11.54	13.94	17.69	19.61	20.55	18.30	15.88	16.32
Mois	+13.21	+11.75	+14.73	+18.53	+20.99	+21.68	+19.01	+16.28	+17.02

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	88	91	83	67	56	54	70	78	73
2e »	88	91	81	63	49	46	62	77	70
3e »	82	85	81	65	58	52	64	75	70
Mois	86	89	82	65	55	51	65	77	71

Dans ce mois l'air a été calme 167 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{87}{49} = 1.78$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	28.02
Nébulosité..................	3.5
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+17°.58
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$ ..	+17°.43
Fraction de saturation........	70 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	727.66
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.7
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	80.4
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne ... (id.).	+17°.91
Fraction de saturat. (1849-1875).	71 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	63.4	84.6	87.6	99.2	71.7	60 2	82.7

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	84.2	102.0	95.6	52.2	94.6	112.0

Insolation à Jussy : ? h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1915

Les 1, 2, 3, 4, 12, 13, 14, 28, 29 et 30, pluie.
Le 21, neige.
Les 1, 3, 4, 15, 16, 19, 20, 22 et 30, brouillard le soir.
Le 2, brouillard tout le jour.
Les 6, 7 et 11, brouillard le matin.
4, 17, 19 et 23, forte bise.
7, 14 et 22, très forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	67.7	68.9	68.8	68.5	− 0.4	67.5	69.0	SW. 1	SW. 0	SW. 1	SW. 1	2	1	10	4	5.9	....
2	68.4	67.7	67.0	67.7	− 1.2	66.7	68.8	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	10	10	10	10	14.9	...
3	65.4	66.3	67.2	66.3	− 2.6	65.1	67.4	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	7	3	10	7	3.0	..
4	66.7	66.5	67.5	66.9	− 2.0	66.3	67.8	NE 1	NE 1	NE. 2	NE. 1	8	1	10	7	2.1	....
5	68.0	68.7	70.0	68.9	0.0	67.7	70.4	NE 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	1	0	1	....	....
6	71.0	71.0	71.7	71.2	+ 2.3	70.4	71.7	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE 1	10	6	3	6	....	...
7	71.4	72.3	73.1	72.3	+ 3.4	71.1	**73.3**	NE. 2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	10	1	0	4	....	....
8	72.5	73.0	73.1	**72.9**	+ **4.0**	72.2	73.1	NE 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
9	72.2	72.5	72.6	72.4	+ 3.5	72.1	72.9	NE. 0	NE 0	NE. 0	calme	0	0	0	0	....	....
10	71.5	71.3	71.5	71.4	+ 2.5	71.1	72.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	5	4	4	....	...
11	71.5	71.6	71.8	71.6	+ 2.7	71.5	71.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	2	0	1	..	....
12	70.2	69.6	69.2	69.7	+ 0.8	69.0	71.5	NE. 1	SW. 0	NE. 0	calme	1	9	0	3	1.0	....
13	67.1	66.8	67.0	67.0	− 1.8	66.1	69.0	SW. 1	NE. 0	NE. 0	calme	10	10	10	10	1.3	....
14	66.6	67.0	68.0	67.2	− 1.6	65.5	68.0	NE. 1	NE. 3	NE. 2	NE. 2	9	5	10	8	1.3	....
15	67.0	67.1	66.8	67.0	− 1.8	66.6	67.7	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE 1	0	2	10	4	...	...
16	66.0	66.4	66.5	66.3	− 2.5	66.0	66.6	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	6	10	8	....	....
17	65.7	66.0	66.7	66.1	− 2.6	65.5	66.8	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	7	8	8	....	....
18	65.1	65.6	66.0	**65.6**	− **3.1**	**64.9**	66.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	4	3	1	3	...	....
19	65.3	65.8	66.8	66.0	− 2.7	65.3	67.0	SW. 0	NE. 2	NE 1	NE. 1	1	1	10	4	....	.. .
20	67.1	67.8	68.8	67.0	− 1.7	67.0	69.0	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	0	0	10	3	....	....
21	68.4	68.3	67.8	68.2	− 0.4	67.2	69.0	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	0	0	10	3	7.0	**4**
22	65.5	66.4	68.5	66.8	− 1.8	65.5	68.7	NE. 4	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	10	10	10	....	....
23	68.8	69.6	71.0	69.8	+ 1.2	68.7	71.0	NE. 1	NE. 2	NE 1	NE. 1	0	0	0	0	.. .	....
24	70.2	70.6	71.1	70.6	+ 2.1	70.2	71.2	NE. 0	NE. 0	NE 0	calme	0	1	0	0	. .	. . .
25	70.6	70.8	71.3	70.9	+ 2.4	70.6	71.4	NE. 0	NE. 1	NE 0	calme	2	1	0	1	. . .	. . .
26	70.0	70.0	69.8	69.9	+ 1.5	69.6	71.1	SW. 0	NE 0	NE. 0	calme	0	1	0	0	...	...
27	69.5	69.5	70.2	69.7	+ 1.3	69.3	70.4	SW. 1	SW. 0	SW. 0	calme	6	4	8	6	...	....
28	69.6	69.3	69.8	69.6	+ 1.2	69.1	70.4	SW. 2	SW. 1	SW. 0	SW. 1	8	1	7	5	**21.0**	....
29	66.3	66.6	66.5	66.5	− 1.8	66.1	69.0	SW. 1	SW. 0	SW. 0	calme	10	8	10	9	12.7	....
30	65.0	65.7	66.4	65.7	− 2.5	65.0	66.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	6	10	9	6.3	.. .
31	66.8	67.4	67.8	67.3	− 0.9	66.7	67.9	NE. 0	NE. 0	NE. 1	calme	0	0	0	0	....	
Mois	68.29	68.58	69.04	68.61	+ 0.24							4.6	3.6	5.5	4.6	79.5	4

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1915

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 4.2	+ 10.1	+ 6.7	+ 7.0	+ 0.6	+ 2.2	+ 11.2	67	61	96	75	57	98
2	6.3	7.3	1.4	6.0	- 0.4	3.7	7.8	95	95	95	95	68	97
3	2.3	6.3	2.2	3.6	- 2.8	1.1	7.0	92	65	95	84	55	96
4	1.2	4.8	1.1	2.4	- 4.0	+ 0.8	5.0	92	79	96	89	68	98
5	0.3	6.7	1.5	3.8	- 2.6	0.0	8.4	84	72	87	81	57	98
6	3.6	9.2	6.8	6.5	+ 0.1	+ 3.2	10.1	92	66	81	80	30	95
7	4.7	9.6	6.9	7.1	+ 0.8	1.5	10.2	96	69	90	85	63	98
8	8.1	13.6	9.9	10.5	+ 4.2	6.7	15.8	73	84	76	78	29	88
9	10.7	15.7	11.4	**12.6**	+ **6.3**	10.3	**16.3**	36	44	60	**47**	**16**	65
10	10.6	14.8	9.8	11.7	+ 5.4	8.7	15.8	52	50	80	61	30	87
11	9.2	12.8	9.0	10.3	+ 4.0	8.5	14.0	64	45	82	64	33	86
12	9.2	13.0	8.3	10.2	+ 4.0	7.8	13.7	70	53	92	71	37	96
13	4.8	6.6	4.9	5.4	- 0.8	4.1	7.8	96	92	96	95	68	98
14	3.8	7.8	3.2	4.9	- 1.3	2.6	8.0	97	71	98	89	64	100
15	1.9	7.8	3.3	4.3	- 1.8	1.7	8.3	82	74	96	84	63	99
16	2.3	7.6	2.8	4.2	- 1.9	2.0	8.7	81	72	95	83	69	98
17	1.6	5.3	1.0	2.6	- 3.4	0.6	6.4	90	63	92	81	52	97
18	0.3	6.6	2.8	3.2	- 2.8	0.2	7.8	90	52	91	78	40	94
19	2.8	7.2	2.8	4.3	- 1.7	2.6	7.5	80	68	98	82	16	100
20	1.9	7.8	3.1	4.3	- 1.6	1.7	8.3	70	55	96	74	33	98
21	+ 2.4	+ 7.0	+ 1.8	+ 3.7	- 2.1	+ 1.0	8.0	58	70	92	73	46	97
22	- 2.2	- 0.8	- 1.7	- **1.6**	- **7.4**	- 2.2	1.0	96	96	95	**96**	61	100
23	- 1.4	+ 6.2	+ 4.6	+ 3.1	- 2.6	- 2.0	7.5	77	70	77	75	53	98
24	+ 6.5	11.8	6.8	8.4	+ 2.7	+ 4.8	12.7	36	49	86	57	18	94
25	5.5	10.6	8.2	8.1	+ 2.5	5.2	11.0	97	62	84	81	13	99
26	6.5	12.2	8.0	8.9	+ 3.4	6.3	13.1	90	67	91	83	14	97
27	5.8	10.3	7.6	7.9	+ 2.4	5.7	12.0	94	66	95	85	50	97
28	5.8	9.7	6.4	7.3	+ 1.9	5.6	10.2	93	96	90	93	68	98
29	5.2	7.5	+ 5.6	6.1	+ 0.8	+ 4.8	9.0	96	79	95	90	60	98
30	3.5	6.1	- 0.2	3.1	- 2.1	- 0.8	6.6	95	82	97	91	74	98
31	+ 0.3	+ 5.6	+ 1.4	+ 2.4	- 2.8	- **2.6**	+ 6.4	36	58	94	63	22	97
Mois	+ 4.12	+ 8.61	+ 4.95	+ 5.89	- 0.09	+ 3.20	+ 9.54	80	69	90	80		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0^{mm}.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	69.48	69.82	70.25	69.85	78	68	86	77
2e »	67.16	67.37	67.76	67.44	82	64	94	80
3e »	68.25	68.56	69.11	68.64	79	72	91	81
Mois	68.29	68.58	69.04	68.64	80	69	90	80

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5.20	+ 9.81	+ 6.37	+ 7.13	+ 6.94
2e »	3.78	8.25	4.12	5.38	5.07
3e »	3.45	7.84	4.41	5.23	5.03
Mois	+ 4.12	+ 8.61	+ 4.95	+ 5.89	+ 5.66

Dans ce mois l'air a été calme 366 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{67}{10} = 6.70$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	68.6	58.2	62.9	79.5
Neige en centimètres....	—	—	—	4

HYPOTHÈSE SUR LE

MOUVEMENT DE L'ÉTHER

DANS LE

VOISINAGE DE LA TERRE

PAR

L. DE LA RIVE

L'expérience de Michelson et Morley ([1]) ne laisse subsister aucun doute sur l'absence complète des phénomènes d'aberration terrestre auxquels donnerait lieu l'immobilité de l'éther par rapport à la terre dans son mouvement orbitaire. Des termes du second degré en v^2/c^2, v et c étant la vitesse de la terre et celle de la lumière, auraient été sinon évalués avec exactitude, du moins rendus perceptibles par le déplacement de la frange d'interférence.

D'après la théorie mécanique de la lumière, des termes du second degré résultent en effet du déplacement des instruments d'optique dans l'éther immobile ou déplacé d'après l'expérience de Fizeau, soit pour la réflexion, soit pour la réfraction. Il est vrai qu'ils ne semblent pas devoir être conservés dans la théorie électromagnétique ou, pour employer la théorie beaucoup plus accessible de la relativité, dans la cinématique d'Einstein. Ici la raison en apparaît très simplement. Le principe sur lequel on s'appuie pour les déterminer est la composition de la vitesse de la terre avec celle de la lumière ([2]); car d'après cette cinématique en composant v avec c on retrouve c, ce qui signifie

[1]) On the relatif motion of the Earth and the luminous ether. *Phil. Mag.*, 1887, t. 24, p. 449.

[2]) Poincaré, Théorie mathématique de la lumière, p. 382.

que les choses se passent comme si la Terre était immobile. Il est permis d'hésiter à renoncer à toute explication géométrique d'un phénomène de propagation et de se demander si l'expérience négative de Michelson ne comporte pas d'autre explication.

L'hypothèse que je propose consiste à admettre que le globe terrestre emporte avec lui une enveloppe d'éther qui participe à son mouvement comme une balle le fait pour une enveloppe gazeuse. La vitesse des couches successives d'éther varie de manière qu'elle est la même que celle de la matière terrestre au contact même avec elle et qu'elle finit par s'annuler à une distance suffisamment grande. L'aberration des étoiles subsiste et tout phénomène d'aberration de source terrestre est supprimé. Je ne fais aucune hypothèse sur les propriétés de l'éther et de la matière donnant lieu à ce déplacement sinon qu'il est dû au frottement et que la vitesse des couches de l'enveloppe au-dessus du plan horizontal parallèle à la vitesse orbitaire est parallèle à cette vitesse.

Trajectoire du rayon lumineux

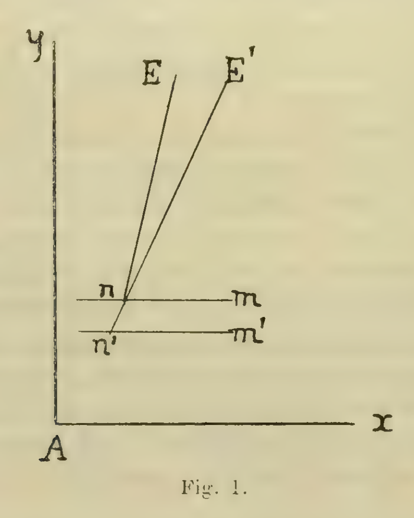


Fig. 1.

Soit A (fig. 1) le point de la surface terrestre où a lieu l'observation de l'étoile que je suppose dans le plan vertical pas-

sant par la vitesse orbitaire et voisine du zénith. Je prends pour axe des x la parallèle à la vitesse dans le plan horizontal et pour axe des y la verticale allant de bas en haut. Soient m et m' deux couches successives d'éther parallèles à l'horizontale, distantes de dy ; leurs vitesses diffèrent de la quantité dv que j'obtiens en différentiant l'équation

$$v = v_0 e^{-y} ,$$

à laquelle j'admets que la vitesse satisfait. Il en résulte :

$$dv = - v_0 e^{-y} dy .$$

En passant de la couche m à la couche m', le rayon En est dévié et prend la direction E$'n'$. Soit α l'angle de nE avec Ax; pour calculer $d\alpha$, je me sers du principe de la composition de la vitesse de la lumière c avec une vitesse égale et contraire à la différence de vitesse des deux couches ce qui donne, en faisant passer le rayon de la couche m à la couche m'

$$\frac{d\alpha}{\sin \alpha} = \frac{dv}{c} ,$$

d'où résulte l'équation différentielle :

$$\frac{d\alpha}{\sin \alpha} = - \frac{v_0}{c} e^{-y} dy ,$$

dont l'intégrale est :

$$\text{log nat tang} \frac{\alpha}{2} = - \frac{v_0}{c} e^{-y} + \text{const} .$$

En intégrant entre les deux limites pour y, $y = 0$ et $y = \infty$, et en appelant α_0 l'angle au contact du rayon avec la terre et α_1, l'angle initial du rayon émané d'une étoile, on obtient :

(1) $$\text{log nat tang} \frac{\alpha_0}{2} = \text{log nat tang} \frac{\alpha_1}{2} - \frac{v_0}{c} .$$

L'angle d'aberration, δ est donné par $\alpha_1 - \alpha_0$, tandis que dans la théorie ordinaire

(2) $$\delta = \frac{v_0}{c} \sin \alpha .$$

Pour calculer δ par l'équation (1), il faut transformer le logarithme naturel en logarithme vulgaire par la relation

$$\log \text{nat } N = 1/M \log \text{vulg } N \ , \qquad M = 0{,}434 \ .$$

Et, comme d'autre part, j'admets pour v_0/c la valeur 10^{-4}, on a :

$$\log \text{vulg } \frac{\alpha_1}{2} - \log \text{vulg } \frac{\alpha_0}{2} = 0{,}0000434 \ .$$

La table de logarithmes de Callet donne le logarithme de la tangente des angles variant de dix secondes et la différence tabulaire D exprimée en unités du septième ordre représente par conséquent la quantité qui correspond pour $\frac{\delta}{2}$ égal à 10″ à la quantité numérique ci-dessus, 0,0000434. On aura donc :

$$\frac{\delta}{2} = 10'' \cdot \frac{434}{D} \ .$$

Pour calculer δ par l'équation (2), il faut évaluer en arc la valeur 10^{-4} qui se trouve être égale à 20″,6 et la multiplier par sin α.

Calcul de δ par l'équation (1)					Calcul de δ par l'équation (2)	
$\frac{\alpha}{2}$	D	$\frac{\delta}{2}$	δ	ω	α	δ
45°	421	10″,03	20″,06	90°	90°	20″,6
40	428	10 ,01	20 ,02	80	80	19 ,2
30	486	9 ,3	18 ,6	60	60	17 ,7
20	655	6 ,6	13 ,0	40	40	13 ,2
10	1231	3 ,5	7 ,0	20	20	7 ,0
5	2424	1, 8	3 ,6	10	10	3 ,5

En comparant les deux tableaux, on voit que la diminution δ est d'abord un peu plus rapide dans le second que dans le premier, puis qu'elle devient la même. Mais les différences sont trop faibles pour que les mesures astronomiques puissent confirmer l'hypothèse que j'ai développée.

Il faut remarquer que la vitesse d'un point de la surface terrestre due à la rotation est environ cent fois plus petite à 'équateur que la vitesse orbitaire et qu'on peut la négliger au point de vue du mouvement relatif de l'éther. On en tient compte en observant que ce sont des points différents de cette surface qui viennent, durant les vingt quatre heures, occuper la position A.

A PROPOS DU MAGNÉTON

RÉPONSE A M. JACOB KUNZ

PAR

Auguste PICCARD

Dans un des derniers cahiers des *Archives* ([1]) M. Kunz attaque certaines parties de la théorie du magnéton d'une façon qui semble nécessiter quelques remarques.

Il est évident qu'avec les données que nous possédons aujourd'hui on ne peut pas prétendre que l'existence des magnétons soit prouvé comme, par exemple, le théorème de Pythagore; on ne peut que discuter sur la probabilité de cette existence.

Chaque discussion doit avoir une base sur laquelle tout le monde soit d'accord. Dans notre domaine il y a spécialement deux hypothèses qui ont été déduites de la théorie élémentaire du magnétisme et de la mécanique par des raisonnements logiques et que personne jusqu'ici n'a mis en doute, que je sache. Les voici :

1° Si l'aimantation qu'un corps a pris dans un champ fini et à une basse température ne peut plus être augmentée d'une façon appréciable ni par une augmentation du champ ni par un abaissement de la température, le corps a pratiquement atteint la saturation absolue, c'est-à-dire que les moments magnétiques de toutes ses molécules sont parallèles et s'additionnent algébriquement pour donner le moment magnétique de tout le corps. C'est ce que M. P. Weiss a admis en divisant la

[1]) Détermination de la charge élémentaire d'Electricité par les Propriétés ferromagnétiques et le Magnéton, *Archives,* 1915, t. XXXIX, n° 6, p. 488.

saturation absolue des corps ferromagnétiques par le nombre des atomes pour trouver le moment magnétique de l'atome.

2° Si chaque molécule d'un corps a un moment magnétique *invariable* et s'il n'y a *aucune action mutuelle* entre les différentes molécules, le moment magnétique du corps est pour toutes les températures et tous les champs accessibles énormément inférieur à celui de la saturation absolue. Si nous faisons abstraction des températures de l'hélium liquide, le moment magnétique de notre corps sera proportionnel au champ et inversément proportionnel à la température absolue. C'est la loi de Curie sur laquelle est basée la théorie de Langevin des corps paramagnétiques. La théorie permet, toujours en ne s'appuyant que sur des calculs généralement admis (et qu sont la base de toute la thermodynamique moderne), de calculer la saturation absolue de la substance par la formule bien connue, citée par M. Kunz :

$$\sigma_{m_0}^2 = 3\chi_m \mathrm{T} r$$

(où σ_{m_0} = saturation absolue moléculaire, χ_m = coefficient d'aimantation moléculaire, T = température absolue, r = constante des gaz parfaits).

Passons maintenant aux faits, tels qu'ils ont été observés :

Un premier groupe de corps présente une aimantation qui tend vers une limite finie dans les champs de quelques milles gauss et vers des températures suffisamment basses, mais facilement accessibles dans l'air liquide ou l'hydrogène liquide. Ce sont les corps ferromagnétiques. Ils ne constituent nullement une exception à la théorie de Langevin puisque les grandes intensités d'aimantation ne sont obtenues que grâce aux actions mutuelles des molécules. Le fer, par exemple, en lames très minces, possède une autre saturation qu'en morceaux massifs. C'est le mérite de M. P. Weiss d'avoir reconnu l'effet de cette action mutuelle et d'avoir expliqué le ferromagnétisme par la théorie du champ moléculaire. La théorie ne rend pas encore compte de tous les détails des phénomènes mais cela ne change rien au fait que la limite de saturation est égale à la somme des moments magnétiques des atomes. En comparant ces limites de saturation du fer et du nickel, M. Weiss

a découvert un facteur commun, le magnéton. Ce même magnéton a été retrouvé dans différents alliages ferromagnétiques où les alliages correspondaient à des combinaisons chimiques tels que Fe_2Co, Fe_2Ni.

Un second groupe de corps obéit strictement à la loi de Curie. Ce sont les corps paramagnétiques pour lesquels une action mutuelle des atomes ne se manifeste pas. Les gaz magnétiques et toutes les solutions diluées de corps magnétiques appartiennent à ce groupe. Les solutions concentrées, beaucoup de corps solides, l'oxygène concentré par haute pression ou par la liquéfaction peuvent s'écarter plus ou moins de la loi de Curie. Ils feront partie du troisième groupe de corps. Pour tous les corps du second groupe, nous sommes en droit d'appliquer la théorie de Langevin. Nous pouvons donc calculer le moment moléculaire de ces corps aussi bien que celui des corps ferromagnétiques à condition toutefois de connaître la grandeur de la molécule au sens magnétique du mot, c'est-à-dire qui dans l'agitation thermique vibre comme un bloc. (Pour l'oxygène en particulier cela ne présente aucune ambiguïté, la chaleur spécifique prouvant que les deux atomes sont liés rigidement.)

Le troisième groupe des corps magnétiques enfin, n'obéit pas à la loi de Curie et n'a pas le caractère des ferromagnétiques. Chez eux l'action mutuelle existe, mais elle est plus faible que chez les ferromagnétiques. M. P. Weiss a montré que même pour ces corps on peut dans certains cas calculer le moment atomique. Le calcul nécessite la mesure du coefficient d'aimantation en fonction de la température. Le troisième groupe fournit alors, en général, des nombres entiers de magnétons, comme le second.

Après cette introduction, un peu longue peut-être, mais indispensable, nous pouvons répondre à quelques points de l'article de M. Kunz.

1° A la page 492 il dit : « Pour déterminer le magnéton, M. Weiss, en abandonnant la théorie, a directement mesuré les moments moléculaires du fer, du nickel et du cobalt. » M. Kunz ne tient pas compte du fait qu'aux températures ordinaires ainsi qu'aux basses, ces métaux sont ferromagnétiques, leurs moments moléculaires ne peuvent donc être calculés que d'après

la théorie des ferromagnétiques. M. Weiss n'abandonne pas la théorie des paramagnétiques s'il ne l'applique pas là où elle n'est pas applicable.

2° Ensuite en parlant de mon travail sur l'oxygène à la température ordinaire : « Auguste Piccard, au contraire, s'est servi de la théorie pour arriver au magnéton malgré les expériences qui sont en contradiction avec la théorie. » Les expériences classiques de P. Curie ont montré qu'à la température ordinaire, ainsi qu'aux températures élevées, l'oxygène obéit à la loi, ce qui du reste serait actuellement à prévoir puisque les molécules du gaz sont assez distantes pour que les influences mutuelles disparaissent. Dans ces conditions la théorie de Langevin est donc parfaitement applicable et le reproche, que je me suis servi d'une fausse théorie « pour arriver au magnéton », c'est-à-dire à un nombre entier, n'est pas tout à fait justifié.

Les mesures de MM. Kamerlingh Onnes et Perrier sur lesquelles M. Kunz base ses objections, ont en effet montré que l'oxygène *liquide* n'obéit pas à la loi de Curie, mais l'oxygène liquide a des propriétés toutes différentes de l'oxygène gazeux, en outre MM. Perrier et Kamerlingh Onnes ont repris leurs mesures précisément pour élucider les causes de ces écarts. Ces recherches ont porté sur une série de *mélanges* d'oxygène et d'azote liquéfiés dans lesquelles les molécules d'oxygène se trouvaient à des distances variables. Leur résultat principal est qu'à distance croissante de ses molécules *l'oxygène tend à satisfaire exactement la loi de Curie-Langevin.* Loin donc d'infirmer cette loi, les expériences de MM. Perrier et Kamerlingh Onnes lui confèrent, à mon avis, un appui expérimental des plus puissants. Ces deux expérimentateurs ont d'ailleurs discuté les relations de leur résultat avec la théorie du magnéton et avec mes résultats sur l'oxygène.

3° A la page précédente (491) M. Kunz dit : « En admettant la loi de Curie jusqu'au zéro absolu, il (Piccard) trouve pour le moment de l'atome... ». Je demande à M. Kunz où je lui ai paru admettre que la loi de Curie allait jusqu'au zéro absolu. Pour calculer le moment atomique par la formule de Langevin, il suffit qu'à la température où l'on a travaillé, le corps suive

la loi de Curie. Il est probable qu'aucun corps ne suit la loi de Curie jusqu'au zéro absolu.

4° A la suite (page 492) M. Kunz veut calculer « le moment élémentaire de l'oxygène » d'après mes mesures. En divisant le moment moléculaire (gramme-molécule) trouvé par moi, par le nombre d'Avogadro il trouve $m = 2{,}58 \cdot 10^{-20}$.

Puis il continue : « Le moment de chaque magnéton de Weiss, au contraire, serait égal à

$$\frac{1123{,}5}{6.06 \cdot 10^{23}} = 1{,}810 \cdot 10^{-21} \text{ ».}$$

Pourquoi « au contraire » ? M. Kunz trouve une contradiction entre les nombres $2{,}58 \cdot 10^{-20}$ et $1{,}810 \cdot 10^{-21}$. Elle existe, c'est vrai, mais la théorie du magnéton n'y peut rien. En effectuant la première division on trouve pour l'oxygène $25{,}98 \cdot 10^{-21}$ et pour le magnéton de Weiss $1{,}854 \cdot 10^{-21}$. (J'emploie les deux fois le *même* nombre d'Avogadro, savoir $6{,}06 \cdot 10^{23}$, comme M. Kunz l'a choisi.)

Le premier de ces deux nombres n'est pas le « moment élémentaire », mais le moment total d'une molécule. Divisons ce nombre par la valeur du magnéton de Weiss, nous obtenons :

$$\frac{25.98 \cdot 10^{-21}}{1{,}854 \cdot 10^{-21}} = 14{,}014 = 2 \times 7{,}007 \,,$$

c'est-à-dire le moment d'un atome d'oxygène est 7,007 fois plus grand que la partie aliquote calculée par M. Weiss dans ses mesures sur le fer et le nickel à l'état saturé.

Je ne prétends pas que ce résultat prouve l'existence des magnétons. Chaque concordance isolée peut être un peu le fait du hasard. Mais en tout cas on ne peut pas en tirer un argument contre l'universalité du magnéton.

5° A la page 490, M. Kunz, en parlant des expériences de M. Weiss sur la magnétite au-dessus du point critique, dit : « La susceptibilité paramagnétique de Fe_3O_4 montre des discontinuités comme fonction de la température » et il en conclut : « il est possible que la constitution chimique change... ».

Si la constitution chimique changeait à des températures déterminées, nous aurions en effet des discontinuités de la

susceptibilité. Mais les discontinuités dont parle M. Kunz, n'existent pas le moins du monde. La courbe $^{1}/_{\chi}$ en fonction de la température (Weiss et Foëx) se décompose en différentes droites, qui se *raccordent exactement,* sauf à une place, où il y a peut être une courbe de transition, mais pas de discontinuité. Là où deux lignes se raccordent il ne peut y avoir un changement chimique.

6° A la page 490, M. Kunz cite 22 nombres de magnétons calculés par M. Weiss d'après des mesures effectuées sur des solutions. Si la loi de Weiss des nombres entiers n'existait pas, chaque nombre aurait une chance sur deux de s'écarter du nombre entier le plus rapproché de plus de 0,25 et une chance sur deux de s'en écarter moins que 0,25. En fait nous trouvons pour 20 nombres une différence inférieure à 0,25 et pour deux seulement supérieure à cette limite. Si M. Kunz trouve que, vu « le nombre plutôt élevé des magnétons par molécule », les concordances approximatives ne sont « pas très surprenantes », il a raison pour chaque cas isolé, mais, néanmoins, l'ensemble des phénomènes serait, à mon avis, surprenant, si le magnéton n'existait pas.

7° M. Kunz continue : « A la vue des nombres très élevés des dernières colonnes on se demande pourquoi les substances sont si faiblement magnétiques, même aux basses températures, tandis que le nickel, qui est fortement magnétique, ne possède que trois magnétons. » C'est parce que le nickel, grâce à l'action mutuelle des molécules, peut être aimanté près de la saturation déjà à température ordinaire et avec des faibles champs tandis que ses sels, où les molécules sont plus distantes, n'ont pas de « champs moléculaires » et restent infiniment loin de leur saturation dans tous les champs réalisables.

Zurich, 11 septembre 1915.

LA

MAGNÉTOCHIMIE DES SELS DE CUIVRE

ET LA

THÉORIE DU MAGNÉTON

PAR

B. CABRERA et E. MOLES

I. Après les déterminations classiques de Quincke [1], qui étudia le SO_4Cu en dissolution, il est bon de rappeler les mesures de J. Kœnigsberger [2] qui vérifia l'exactitude de la loi de Wiedemann pour les dissolutions du même sel et celles de Liebknecht et Wills [3] qui ont opéré sur le Cl_2Cu, Br_2Cu, SO_4Cu et $(NO_3)_2Cu$.

Les résultats obtenus par ces derniers physiciens, réduits à la nouvelle valeur de la constante de l'eau, donnent pour la susceptibilité moléculaire:

Cl_2Cu	157.1×10^{-5}	18°
Br_2Cu	150.2×10^{-5}	18°
SO_4Cu	157.5×10^{-5}	18°
$(NO_3)_2Cu$	157.0×10^{-5}	18°

résultats qui conduisent à un nombre de magnétons franchement fractionnaire.

[1]) *Wied. Ann.*, 1885, XXIV, 347.
[2]) *Ibid.*, 1898, LXVI, 698.
[3]) *Ann. de Phys.*, 1900, I, 178.

Nous nous trouvons donc dans les mêmes conditions que pour les sels de nickel; ou bien les résultats de Kœnigsberger ou ceux de Liebknecht et Wills sont faux, ou bien la loi des nombres entiers ne se vérifie pas.

M. Meslin [1] a cru trouver une diminution de la susceptibilité avec la dilution pour le SO_4Cu, diminution qui est rapide au commencement et qui tend ensuite vers un nombre constant. Quoique la méthode employée par ce physicien dans les mesures magnétiques ne soit pas susceptible d'une grande précision, nous ne croyons pas que cette variation puisse être attribuée à des erreurs d'expérience. Par contre, la méthode suivie pour déterminer la concentration, mérite moins de confiance.

M. C. Chéneveau [2] en opérant par la même méthode, a trouvé une variation très légère, qui peut bien être considérée comme rentrant dans les erreurs expérimentales. En réduisant à la nouvelle constante de l'eau, on obtient pour les susceptibilités moléculaires :

SO_4Cu..............	149.5×10^{-5}	23°
$(NO_3)_2Cu$	153.8×10^{-5}	24°
Cl_2Cu	155.6×10^{-5}	23°

L'auteur admet que ses résultats concordent avec ceux de Liebknecht et Wills, mais en tenant compte de la différence des températures, ces nombres, dans le cas le plus favorable, diffèrent de plus de 4 % par excès.

M. Weiss, dans son mémoire classique [3], utilise les résultats de Pascal, qui sont encore supérieurs à ceux de Chéneveau.

II. En cet état de la question, on comprend facilement combien il serait intéressant de répéter l'étude de ces sels.

Les dissolutions ont été préparées avec des produits de Kahlbaum et de Merck, en employant de l'eau distillée plusieurs fois, avec les précautions déjà indiquées autrefois. On a fait cristalliser plusieurs fois le SO_4Cu, le Cl_2Cu et $(NO_3)_2Cu$ ont été dissous directement.

[1]) *Ann. de Ch. et Phys.*, 1906, s. 8, VII, 184.
[2]) *Journ. de Phys.*, 1910, s. 4, IX, 163.
[3]) *Ibid.*, 1911, s. 5, I, 977.

Les concentrations ont été déterminées, comme dans le cas du Ni en dosant par électrolyse le Cu dans une quantité pesée de solution fournissant un dépôt de 0.2 à 0 3 gr. de Cu.

Pour le SO_4Cu on a opéré directement en liquide acide et avec cathode de toile de platine et anode rotatoire du même métal, la ND_{100} étant comprise entre 0.6 et 0.7 amp.

Les solutions de nitrate ont été acidulées avec 10 cc. d'acide sulfurique double normal et ensuite électrolysées comme dans le cas du sulfate, mais en ayant soin que la différence de potentiel reste constamment comprise entre 2,3 et 2,4 volt; la ND_{100} était au commencement de 0.4. De cette manière les dépôts présentaient un excellent aspect.

Les dissolutions de chlorure ont été pesées en capsule de platine, en les transformant en sulfate par l'addition de 1 cc. d'acide sulfurique concentré et en évaporant jusqu'à siccité en bain d'air. L'électrolyse a été faite ensuite dans la même capsule par la méthode de Fœrster (tension constante de 2 volts, en employant un accumulateur sans résistance additionnelle) à froid et à chaud.

Les différences maxima dans les données partielles furent de 2 °/₀₀.

La méthode employée dans les mesures magnétiques étant celle utilisée dans nos travaux antérieurs, nous n'ajouterons rien ici.

III. Les résultats de nos mesures sont inscrits dans les tableaux suivants:

Dissolutions de SO_4Cu

Grammes par gramme de dissolution	T_s	T_{aq}	Δ_s	Δ_{aq}	$\chi.10^5$	$\chi_{Cu}^{(a)}.10^5$	C_{Cu}	n
0,1577	292°,47	292°,59	+2,3813	−1,8359	155,8	159,6	0,4669	9,61
0,1460	294°,02	293°,19	+2,0339	−1,8293	154,6	158,5	0,4659	9,60
0,1124	292°,88	292°,59	+1,1889	−1,8359	156,8	160,7	0,4706	9,64
0,0772	292°,66	292°,59	+0,2404	−1,8359	156,7	160,6	0,4700	9,64
0,0536	290°,00	290°,97	−0,3758	−1,8213	158,5	162,4	0,4708	9,65
$0,0304_5$	289°,49	289°,67	−0,9974	−1,8237	159,3	163,2	0,4724	9,66
$0,0150_3$	292°,42	292°,55	−1,4198	−1,8255	158,3	162,1	0,4740	9,68

Dissolutions de Cl_2Cu

Grammes par gramme de dissolution	T_s	T_{aq}	Δ_s	Δ_{aq}	$\chi_{Cu} \cdot 10^5$	$\chi_{Cu}^{(a)} \cdot 10^5$	C_{Cu}	n
0,3665	290°.35	290°.10	+8,5034	−1,8331	152,4	156,6	0.4547	9.48
0,2610	291°.37	291°.02	+6,1698	−1,8331	152,1	156,3	0,4554	9,49
0,1328	292°,59	292°.40	+2,2659	−1,8316	153,2	157,4	0.4605	9.54
0,0857	293°,83	294°.35	+0,8271	−1,8185	154,5	158,7	0.4663	9,60
0,0503	294°.17	294°.35	−0,2698	−1,8185	154,1	158,3	0.4660	9.60
0,0302	294°.23	294°.35	−0,8368	−1,8185	153,5	157,7	0.4640	9.58

Dissolutions de $(NO_3)_2Cu$

Grammes par gramme de dissolution	T_s	T_{aq}	Δ_s	Δ_{aq}	$\chi_{Cu} \cdot 10^5$	$\chi_{Cu}^{(a)} \cdot 10^5$	C_{Cu}	n
0,5090	294°,58	293°.78	+8,7814	−1,8160	141,2	145,0	0,4272	9.19
0,4379	294°.56	294°,35	+8,0198	−1,8171	153,3	157,1	0,4629	9,56
0,3571	293°.26	293°.56	+6,2910	−1,8438	153,2	157,0	0,4605	9,54
0,2975	294°,32	294°.35	+4,8008	−1,8401	153,0	156,8	0.4615	9,55
0,2380	294°,34	294°.35	+3,5931	−1,8401	153,9	157,7	0.4643	9,58
0,1683	294°,30	294°.35	+2,0029	−1,8401	153,9	157,7	0.4642	9,58
0,1190	294°,36	294°.35	+0,8876	−1,8401	154,6	158,4	0,4662	9,60
0,0724	294°.81	294°.83	−0,1727	−1,8123	155,1	158,9	0.4684	9,62
0,0484	294°,92	295°.12	−0,7118	−1,8106	155,9	159,7	0.4709	9,65

IV. Les résultats inscrits dans les tableaux précédents concordent assez bien avec ceux de Liebknecht et Wills, ce que l'on reconnaît facilement en comparant nos valeurs de χ_m, réduites à 18°, avec celles des physiciens allemands corrigées de la variation de la susceptibilité de l'eau.

	SO_4Cu		Cl_2Cu		$(NO_3)_2Cu$	
	m	$\chi_m \cdot 10^5$	m	$\chi_m \cdot 10^5$	m	$\chi_m \cdot 10^5$
Cabrera et Moles......	0,0772	157,7	0,0857	155,9	0,1190	156,6
Liebknecht et Wills ...	0,0679	157,5	0,0577	157,1	0,0797	156,0
Cabrera et Moles......	0,0536	158,0	0,0503	156,0	0,0724	157,0
Δ %.........		0,2		0,6		0,5

Par contre, la variation avec la concentration est évidente, contrairement aux résultats de Kœnigsberger; il est vrai que la variation est moindre que les erreurs admises par l'auteur.

Lors même qu'il soit démontré que la loi de Wiedemann n'est pas applicable à ces sels, il existe une contradiction complète entre nos résultats et ceux de Meslin et Chéneveau, car le sens de la variation est inverse de celui dénoncé par les physiciens français.

V. Si nous nous en tenons simplement à la variation de la valeur de n avec la concentration, on ne remarque pas de tendance vers un nombre entier, mais dans notre travail antérieur nous disions que peut-être la dissociation peut avoir de l'influence sur la susceptibilité du sel dissout, si l'on tient compte des résultats de Pascal pour les substances diamagnétiques. A première vue, l'éloignement de n d'un nombre entier est supérieur à ce que nous pouvions supposer, mais nous avons essayé cependant de chercher l'effet de ce genre.

Si notre supposition est juste, la constante de Curie, déterminée dans nos calculs, doit être une fonction du degré de dissociation α du sel, qui tend vers sa vraie valeur pour le cathion Cu^{++} quand α tend vers l'unité. Dans le cas du SO_4Cu, où la dissociation doit avoir lieu dans les ions SO_4^{--} et Cu^{++} cette fonction doit être linéaire, de sorte que nous pouvons écrire

$$C = C_{Cu^{++}} + K(1 - \alpha) . \qquad [a]$$

Si l'on prend pour α les valeurs données par Pickering, tirées de l'abaissement du point de congélation, on obtient pour l'équation précédente

$$C = 0.4954 - 0.032\ (1 - \alpha) ,$$

et si l'on part des valeurs obtenues par Arrhenius au moyen de la conductibilité

$$C = 0.4984 - 0.037\ (1 - \alpha) .$$

Pour la première équation on a pris seulement les cinq dernières déterminations, qui sont les seules comprises dans les limites des déterminations de Pickering, tandis que pour la seconde on les a toutes prises.

Si l'on calcule le nombre de magnétons en partant des ordonnées à l'origine des deux droites, on obtient 9.90 et 9.93. Ces résultats semblent indiquer que le cathion Cu^{++} possède 10 magnétons, car si l'on fait l'extrapolation nécessaire pour le calcul en question (la plus petite valeur de $1 - \alpha$ pour nos déterminations est encore $0,64_5$) il est très difficile d'obtenir une approximation plus grande.

D'autre part, le sens dans lequel ces nombres se séparent de 10 était à présumer. En effet, l'équation [a] a été choisie en supposant que la dissociation du sel avait lieu dans la forme simple, tandis que semble certaine aujourd'hui la formation des autocomplexes du type $Cu_2SO_4^{++}$ ... déduite de la discordance dans les valeurs de α obtenues par l'abaissement du point de congélation et par la conductibilité, complexes dans lesquelles il subsiste une partie des enlacements du sel neutre ; de sorte que la droite indiquée plus haut doit se transformer en une courbe dont la convexité se trouve du côté des abscises. Or, nos déterminations ont été faites seulement dans la région des plus grandes concentrations, car la concordance entre les deux procédés de mesure de α commence plus bas que la dissolution la plus diluée que nous avons employée.

Malheureusement, nous ne pouvons pas faire le même raisonnement pour le Cl_2Cu et $(NO_3)_2Cu$ car dans ceux-ci il y a une plus grande proportion des ions $ClCu^{++}$ et $(NO_3)_2Cu^+$, à part les complexes du type cité plus haut pour le SO_4Cu. Cependant, si nous considérons le $(NO_3)_2Cu$, à cause de la plus grande simplicité avec laquelle se conduisent les nitrates, on obtient en quelque sorte une confirmation indirecte de ce que nous venons de dire.

En effet, l'ordonnée à l'origine de la droite est 0.48 à peu près, ce qui correspond à un $n = 9.74$.

On comprend, d'après ce qu'on vient de dire, l'intérêt qu'on a à prolonger les observations pour des dilutions plus grandes que celles que permet la méthode de Quincke. Tel sera l'objet d'un second travail en préparation.

Si l'on divise le coefficient — 0.037 par la température absolue à laquelle on a fait les observations, on obtient l'influence exercée par l'enlacement des ions dans la molécule neutre. Cette

nouvelle constante serait -12.7×10^{-5}, qui est beaucoup trop grande pour qu'on puisse la considérer comme une influence constitutionnelle semblable à celles découvertes par Pascal dans les séries organiques.

Il nous semble plus naturel d'attribuer cet effet à la présence des électrons de valence. Ainsi on pourrait peut-être imaginer que ces derniers viennent à diminuer le paramagnétisme du noyau atomique. Il est intéressant de rappeler que, en tout cas, la susceptibilité paramagnétique semble plus grande pour les sels dans lesquels ces électrons se trouvent fixés par l'anion et même complètement séparés du noyau atomique (dissociation), que pour les corps à l'état métallique et pour les complexes dans lesquels il est probable que les électrons de valence continuent à former partie intégrante de l'atome.

Ce que nous venons de dire, a uniquement la valeur d'une hypothèse de travail, mais elle fait voir l'intérêt que présenterait une étude complète de cette question.

Avant de terminer, nous devons exprimer notre reconnaissance à M. Marquina, qui a bien voulu nous prêter son concours pendant la réalisation de ce travail.

Madrid,
Laboratoire de recherches physiques.

LA ZONE DES COLS

ENTRE

RHÔNE ET GRANDE-EAU

PAR

Charles SARASIN

(Avec les planches I et II)

C'est en 1907 que, pour la première fois, j'ai exploré en compagnie de M. L.-W. Collet, la région comprise entre la vallée du Rhône et celle des Ormonts, dont le sommet principal est le Chamossaire. Nos études sur le terrain se sont poursuivies en 1908; depuis lors je les ai interrompues, d'abord pour reprendre l'étude de la zone des Cols entre Sarine et Kander et puis, parce que mon état de santé m'a interdit pendant deux étés consécutifs les courses de montagne. Ce n'est donc qu'en été 1913 que j'ai repris en détail l'exploration du Chamossaire et des contrées environnantes de Gryon-Villars, du Col de la Croix et de la vallée des Ormonts. Mon assistant, M. Fr. Favre, a bien voulu m'accompagner pendant une partie de mes excursions.

En 1907, nous avons publié, M. Collet et moi, une courte notice([1]), dans laquelle nous avons établi le fait, que les calcaires et les brèches qui forment les sommets du Chamossaire et de la Chaux-Ronde avec la région de Bretaye et des Chavonnes, appartiennent à une série tout à fait indépendante,

[1]) Ch. Sarasin et L.-W. Collet, La zone des Cols et la géologie du Chamossaire. *Archives,* t. XXIV, p. 586-608.

stratigraphiquement et tectoniquement, des sédiments jurassiques des Préalpes internes. Cette série commence avec des calcaires dolomitiques et des cornieules du Trias et comprend surtout des calcaires du Lias.

Dans cette même publication, nous considérions les grès et brèches du Flysch du Chaussy et des Ormonts comme représentant une nappe plongeante, décollée du pli du Wildhorn et encapuchonnée par les formations des Préalpes internes, dont le véritable bord radical se trouverait ainsi au N. de la zone du Flysch du Niesen-Ormonts. Depuis lors notre opinion sur ce point s'est complètement modifiée, soit par suite de nos nouvelles observations, soit à cause des objections qui nous ont été formulées, en particulier par M. Lugeon ([1]). Le Flysch du Niesen est, en effet, en partie, plus ancien que les formations éocènes, qui forment la couverture des plis du Wildhorn et, d'autre part, ce Flysch ne peut pas être séparé tectoniquement des sédiments mésozoïques des Préalpes internes ; il appartient à la même grande unité fondamentale.

Le profil du Chamossaire que nous avons publié en 1907 devra être rectifié sur plusieurs points dans les pages qui suivront. Nous avons été amenés, en effet, par nos dernières explorations, à admettre, dans cette région des Préalpes internes, une tectonique notablement plus compliquée que nous ne l'avions supposé d'abord, et nous avons pu donner, d'autre part, plus d'ampleur à nos conceptions en envisageant parallèlement le Chamossaire et le Chaussy.

Si, avant d'aborder l'examen détaillé des faits, nous voulons définir dans ses grands traits la géologie de la région qui nous intéresse, nous devrons, en première ligne, constater l'existence dans ce territoire de quatre éléments fondamentaux :

1° Le pli-nappe des Diablerets, dont les dépôts tertiaires nous intéresseront surtout, à cause des multiples digitations qu'ils forment au milieu des formations qui les encapuchonnent.

2° Une zone de structure compliquée, comportant des replis

[1]) Lugeon, La zone des Cols et la géologie du Chamossaire. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.* Proc. verb. séance du 4 mars 1908. Tectonique des Préalpes internes. *Ibid.,* Séance du 3 juin 1908.

et des imbrications, ou des laminages intenses suivant ses parties, qui comprend des dépôts triasiques, jurassiques, crétaciques et éocènes. C'est cet ensemble de formations qui s'insinue entre les plis des Diablerets et de Morcles ; c'est à lui en particulier qu'appartiennent la fameuse lame de Néocomien à Céphalopodes et le Trias de la haute vallée de la Liserne ; nous le trouverons dans le soubassement des grès de Taveyannaz, des Rochers-du-Van, depuis les environs de Taveyannaz, par la Chaux-d'En-Haut et La Croix sur Gryon jusqu'à Solalex.

3° Le complexe principal des Préalpes internes, qui comprend des calcaires dolomitiques et des gypses triasiques, des schistes et des calcaires jurassiques et un puissant complexe de schistes, de grès et de brèches polygéniques du Flysch. Cet ensemble qui est enveloppé du côté du S.-E. par le précédent, tout en s'enfonçant avec celui-ci au S., sous le pli des Diablerets, s'est surtout écoulé en longs plis couchés vers le N.-W. et a formé ainsi trois digitations principales, que nous suivrons d'une façon continue des environs de Villars jusque dans le soubassement du Chaussy.

4° Le complexe de la Brèche, qui se superpose au précédent dans la région du Chamossaire, mais qui, plus au S.-E., dans la région de Perche-Lavanchy, et surtout dans le flanc du Chaussy, s'enfonce entre deux groupes de plis de la zone des Cols, en y formant comme une longue trace synclinale. Cette série triasique jurassique doit être envisagée, ainsi que nous l'avons établi en 1907, comme appartenant à une nappe tout à fait indépendante de celle des Préalpes internes, avec laquelle elle s'est mêlée après sa mise en place, pendant une dernière phase de plissement.

Stratigraphie

Je ne m'étendrai pas longuement ici sur les caractères stratigraphiques de la zone des Cols entre Rhône et Grande-Eau, parce que je n'ai, en somme, que peu d'observations à ajouter à celles qui ont été publiées par Renevier, en 1890, dans sa Monographie des Hautes-Alpes vaudoises et par moi-même en

1907. Il est pourtant nécessaire de rappeler quelques faits fondamentaux pour la compréhension de la tectonique de cette région.

Série des Préalpes internes

Trias. — Le Trias occupe de vastes espaces soit dans le bas des pentes de la vallée du Rhône, entre Ollon, Antagne et Bex, soit dans la zone longitudinale qui s'étend d'Ollon par Panex à Plambuit, soit surtout dans une seconde zone longitudinale comprise entre la Gryonne et l'Avançon et se continuant ensuite par le Col de la Croix dans la direction du Col du Pillon. Ce Trias comprend, d'une part, une accumulation énorme de gypse, d'autre part, une grande épaisseur de cornieules, auxquelles sont associés en petites quantités des calcaires dolomitiques plus compacts. Quoique le Trias soit en général dans une position tectonique fort compliquée, on peut admettre que le gypse en représente la partie inférieure, les cornieules la partie supérieure.

Lias. — Dans les plis inférieurs des Préalpes internes, soit dans les environs de Huemoz et surtout dans le bas du ravin de la Gryonne, le Lias débute par des calcaires compacts noirs, dans lesquels se trouvent d'assez nombreux échantillons d'Arietites, *Ar. Conybeari* Sow., et qui représentent le Sinémurien. Ces calcaires passent assez rapidement vers le haut à un puissant complexe de schistes noirs riches en mouscovite, en quartz et en limonite. Ces schistes commencent très probablement avec le Pliensbachien mais, s'étendent vers le haut jusque dans le Toarcien ; c'est même essentiellement au niveau de cet étage qu'ils sont fossilifères et fournissent des Ammonites, il est vrai très mauvaises, mais reconnaissables pourtant comme *Harpor.* ex. af. *Serpentinum* Rein. et *Gram.* ex. af. *thouarsense* d'Orb.

Dans les plis élevés les bancs calcaires du Sinémurien font défaut et l'on trouve directement au-dessus du Trias les schistes noirs, qui semblent représenter la plus grande partie du Lias, et dans lesquels, vu la rareté des fossiles et l'uniformité des caractères lithologiques, il ne m'a pas été possible de distinguer des niveaux stratigraphiques. Ces schistes peuvent être

confondus assez facilement avec les schistes oxfordiens, dont ils se distinguent pourtant par leur nature plus argileuse, par leur teneur plus riche en quartz, qui se traduit presque toujours par la présence de bancs ou de lentilles de grès fins et par l'absence de bancs calcaires.

Dogger. — La base du Dogger dans la série des cols paraît être partout encore schisteuse et se distingue souvent difficilement des schistes liasiques sous-jacents. Ce niveau comporte pourtant, en général, quelques bancs minces de calcaires et surtout il contient assez fréquemment des Posidonomies et des Ammonites dont la détermination ne peut, en général, pas être précisée, mais qui se rapprochent de *Ludwigia Murchisonae*. La partie principale du Dogger est, en général, formée par des calcaires en bancs assez épais, à la fois spathiques et gréseux, de couleur noire, dont le fossile le plus abondant est *Zoophycos scoparius,* mais qui contiennent fréquemment des Bélemnites et qui ont livré quelques rares exemplaires de *Stephanoceras Humphriesi.* Ces couches ne sont pas également bien développées partout ; elles sont surtout bien représentées dans la ligne de hauteurs qui s'élève d'Arveyes jusque près de Bretaye, entre les deux Gryonnes ; on les retrouve bien caractéristiques dans le bois du Tomeley, au N. des Chavonnes, tandis que dans la zone qui suit le versant oriental de la vallée de la Gryonne, de Gryon à Taveyannaz et à Coufin, le Dogger devient moins homogène, plus schisteux ; il ne forme plus d'affleurements caractéristiques et n'est plus franchement délimité par rapport ni à l'Aalenien, ni à l'Oxfordien.

Oxfordien et Malm. — Au-dessus du Dogger se trouve une zone de schistes noirs ou gris foncés, qui se distinguent, en général, facilement des schistes plus anciens par le fait qu'ils contiennent des bancs de calcaires gris, à patine ocreuse, à grain très fin et qui contiennent quelques fossiles de *Bel. hastatus, Rhacophyl. tortisulcatus,* des échantillons douteux de Perisphinctes et d'Oppelia. Ces couches, évidemment argoviennes, sont reliées au Dogger par des schistes stériles, dans lesquels il faut voir évidemment l'équivalent de l'Oxfordien et du Callovien.

Les formations jurassiques plus jeunes que l'Argovien ne

jouent, dans la région du Chamossaire, qu'un rôle insignifiant. Le Malm se réduit à quelques fragments lenticulaires, broyés et laminés, d'un calcaire gris à pâte très fine et compacte. Je connais un de ces lambeaux près de Barboleuse, au S.-W. de Bretaye ; j'en connais d'autres dans le ravin d'Arpille, au N.-E. du Col de la Croix, et suivant une zône étroite qui descend de la Chaux-d'En-Haut vers Solalex.

Crétacique. — Le Crétacique fait, le plus souvent, complètement défaut dans le pli de la zone des Cols ; on ne le trouve que dans la zone interne qui s'intercale entre le Trias du Col de la Croix et le pli des Diablerets et, d'autre part, dans une position tectonique très compliquée, dans le versant gauche de la vallée de la Grande-Eau, un peu en aval du pont de la Tine.

Dans la zone interne le Crétacique fait partie d'une série fortement laminée, à laquelle appartiennent aussi des dépôts jurassiques et du Flysch, et qui se moule en les encapuchonnant sur les digitations de la nappe des Diablerets. Il n'apparaît que sous la forme de minces écailles formées d'un calcaire gris clair, à grain fin, finement lité, qui contient toujours des Orbulines et des Globigérines. Ce faciès apparaît dans une position analogue jusque dans la région d'Adelboden ; il semble ne représenter que le Crétacique supérieur. Cette réduction du Crétacique est d'autant plus frappante ici que les dépôts en question devaient, semble-t-il, être peu éloignés, dans leur position primaire, de la puissante série de Néocomien à Céphalopodes de Javerne - Pas-de-Cheville.

Les formations crétaciques de la vallée inférieure de la Grande-Eau n'appartiennent pas à proprement parler à la série des Préalpes internes, mais à une nappe supérieure ; ce sont des Couches rouges typiques ; elles sont broyées avec du Flysch et n'affleurent que sur un très petit espace.

Flysch. — Dans la notice que j'ai publiée en 1907 avec M. L.-W. Collet, nous avons déjà insisté sur le fait que le Flysch qui forme une large zone depuis Aigremont et la Comballaz jusqu'au-dessus de Chésière et celui qui forme les hauteurs du Meilleret et de la Truche, au S. des Ormonts-Dessus, sont, par l'ensemble de leurs caractères, extrêmement voisins du Flysch du Niesen et font, avec celui-ci, partie d'un seul et

même complexe. Nous avons alors émis l'idée que ce Flysch, du Niesen, appartiendrait à la couverture éogène de la nappe du Wildhorn, décollée et entraînée au N. en même temps qu'encapuchonnée par la formation de la zone des Cols.

M. Lugeon a tout de suite montré l'impossibilité de cette hypothèse, le Flysch du Niesen étant, au moins par sa partie inférieure, plus ancien que l'Eocène supérieur conservé sur le dos de la nappe du Wildhorn ; il a même soutenu l'idée qu'une partie du Flysch du Niesen serait mézozoïque, en se basant sur la découverte dans ce complexe d'une Bélemnite et d'autres fossiles vraisemblablement crétaciques.

D'autre part, mes nouvelles recherches dans les Préalpes internes, en particulier dans la région comprise entre le Rhône et la Grande-Eau, m'ont amené à modifier mes conceptions tectoniques et à envisager le Flysch du Niesen et des Préalpes internes comme faisant partie intégrante des nappes préalpines inférieures au même titre que les cornieules et les gypses triasiques, les schistes liasiques, le Dogger à Zoophycos et les schistes oxfordiens.

Nous avons vu plus haut que, sauf dans la nappe la plus profonde, qui est rebroussée sous le pli des Diablerets, les formations crétaciques et suprajurassiques font défaut ou sont réduites à l'état de lambeaux sans étendue ni épaisseur. Il en résulte que le plus souvent le Flysch repose directement sur les schistes du Dogger supérieur et de l'Oxfordien. Ce fait est particulièrement net dans les grands affleurements des cascades du Dard, au N.-E. de Plambuit, puis dans les pentes qui descendent des hauteurs de la Truche et du Meilleret vers les Ormonts-Dessus, et dans le vallon de Lavanchy.

La base de cette série est formée par un complexe de schistes calcaires et finement gréseux, dans lequel je n'ai jamais trouvé de fossiles, et qui atteint son maximum de développement dans l'arête d'Encrènes, entre les brèches polygéniques du Meilleret et la série mésozoïque du Col de la Croix. Ce même complexe se retrouve, puissamment développé, dans le haut des cascades du Dard et dans le cirque de Cabeuson, au-dessus de Plambuit. Nous le dénommerons « schistes de l'Encrènes ». Par contre, dans le soubassement de la Truche, dans la région de Perche

et dans le vallon de Lavanchy, ces schistes paraissent manquer, ou bien ils se confondent avec les schistes jurassiques sous-jacents, mais sont, en tout cas, très réduits comme épaisseur.

Ensuite le Flysch est constitué, pour la plus grande partie, par les puissantes assises de grès et brèches polygéniques, qui donnent à toute la zone du Niesen sa physionomie caractéristique. Mais, si les grès quartzeux et les brèches dominent de beaucoup dans ce complexe, il s'y mêle d'autres faciès qui méritent une attention particulière.

Il s'agit d'abord d'un ensemble de schistes noirs, argileux, dans lesquels sont interstratifiés en quantité variable des bancs de grès siliceux et des bancs de calcaires lithographiques, jaunâtres, à patine un peu ocreuse. Ces couches qui affleurent, en particulier, sur la rive droite de la Grande-Eau, en amont de l'embouchure du ruisseau du Troublon, ont été attribuées par M. Fr. Jaccard, au Jurassique et les bancs calcaires ont été définis comme radiolarites. On retrouve les mêmes dépôts plus haut, sur la route du Sépey à Aigremont, et sur le grand lacet de la route des Mosses qui domine le Sépey.

Je ne veux pas nier absolument que des calcaires suprajurassiques à radiolaires puissent se trouver dans cette zone, car nous sommes là à proximité immédiate du plan de contact entre les Préalpes médianes et le Flysch des Ormonts, et, dans une semblable situation, des lames de charriage de nature très diverses peuvent se rencontrer, mais je n'ai rien vu, pour ma part, que je puisse considérer comme tel. Les bancs lithographiques sont interstratifiés régulièrement entre les zones schisteuses et les grès ; ils sont certainement de même âge ; la roche qui les forme, examinée en plusieurs coupes de provenances différentes, ne m'a permis de constater aucune section typique de radiolaires, tandis qu'elle est remplie de petites spicules monoaxes et trétaxes de spongiaires ; d'autre part, sur les surfaces des bancs, on trouve des empreintes assez profondes d'Helminthoïdes.

Du reste, les mêmes faciès se retrouvent dans une situation beaucoup plus claire le long de la nouvelle ligne du chemin de fer du Sépey aux Ormonts-Dessus, dans les pentes de la Joux-du-Crot. Là les mêmes schistes argileux noirs avec les mêmes

bancs lithographiques existent en plein complexe de la Brèche des Ormonts ; ces couches alternent avec des bancs de Brèche d'une façon qui ne laisse aucun doute sur le caractère d'interstratifications franches. C'est pourquoi je considère schistes et calcaires comme faisant partie du Flysch ; d'après leur position ces couches doivent être plus anciennes que la masse principale des brèches ; elles n'existent, semble-t-il, que dans les plis inférieurs de la zone des Cols, où elles occupent une position un peu supérieure à celle que les schistes de l'Encrènes occupent dans les plis plus élevés.

Un second faciès que l'on trouve interstratifié dans le Flysch des Préalpes internes, consiste en des bancs de calcaires organogènes de couleur foncée, dont les plus beaux affleurements à moi connus, sont situés au-dessus de Chaux-d'En-Haut, près du chemin conduisant de Gryon à Taveyannaz, puis au-dessus d'Ensex et sous l'arête de l'Encrènes, en troisième lieu autour du chalet de la Bierlaz, sur le versant N. du Meilleret.

Ces calcaires sont formés essentiellement par des Lithothamnies, auxquelles se mêlent des Orthophragmines et de petites Nummulites. Les Orthophragmines y sont parfois l'élément dominant. Les foraminifères y sont souvent brisés. J'ai soumis à M. J. Boussac, le distingué spécialiste du Nummulitique alpin, les meilleurs échantillons de Nummulites que j'avais pu récolter dans ce faciès. M. Boussac a eu l'amabilité d'examiner ce matériel et y a reconnu les deux formes, microsphérique et mégasphérique, de *Num. Brongniarti,* espèce qu'il considère comme caractéristique du Lutétien supérieur et de l'Auversien.

Ces calcaires organogènes font, du reste, partie intégrante de la Brèche polygénique, au milieu de laquelle ils forment des sortes de lentilles ; ils contiennent toujours de gros grains de quartz et souvent de véritables galets de roches cristallines ; dans certains cas, ainsi au-dessus de la Chaux-d'En-Haut, ces galets atteignent plusieurs centimètres de diamètre.

L'âge lutétien-auversien des calcaires nummulitiques peut donc être étendu au moins à une partie du système de la Brèche polygénique du Flysch. Or ces calcaires se trouvent dans la partie inférieure de la Brèche et par places jusque tout près de la base de celle-ci. Cela nous indique que les brèches

polygéniques ne peuvent être, au moins dans la région que nous avons étudiée, plus anciennes que le Lutétien supérieur et que les schistes sous-jacents appartiennent vraisemblablement en entier au Lutétien. Je crois même pouvoir étendre cette conclusion au Flysch des Ormonts-Niesen, dont notre Flysch de l'Encrènes et des environs de la Forclaz est inséparable, et je reste convaincu que, si l'on a trouvé dans la zone du Niesen des fossiles plus anciens que le Tertiaire, ceux-ci ou bien se trouvaient en gisements secondaires, ou bien étaient inclus dans une lame de formations mésozoïques pincée dans le Flysch.

En résumé, nous devons conclure que le Flysch des Ormonts-Niesen et celui de la zone des Cols ne font qu'un et qu'ils semblent représenter la couverture normale des formations mésozoïques de cette dernière zone, que, d'autre part, ce Flysch correspond très probablement à une partie du Lutétien et à l'Auversien.

Série de la Brèche du Chamossaire

Renevier assimilait autrefois les calcaires du Chamossaire au Dogger de la zone des Cols, auquel il les raccordait par un pli anticlinal de faible envergure. Nous avons déjà montré, M. L.-W. Collet et moi, que cette manière de voir n'est soutenable ni au point de vue tectonique, ni au point de vue stratigraphique, et que le Chamossaire avec la Chaux-Ronde et les environs du lac des Chavonnes sont constitués par une série sédimentaire toute spéciale, représentant une unité tectonique distincte de la zone des Cols. Cette série du Chamossaire a subi des laminages intenses et est presque toujours plus ou moins incomplète ; elle ne comprend, du reste, que le Trias et le Jurassique inférieur.

Le *Trias,* généralement peu épais, se distingue de celui de la zone des Cols par l'absence de gypse et par le fait que les cornieules y sont très souvent accompagnées de calcaires dolomitiques compacts.

Le *Jurassique* est formé par une série calcaire en partie bréchiforme, qui comprend de bas en haut :

1° Des calcaires spathiques foncés, devenant brunâtres à l'air, qui contiennent en assez grande quantité des Bélemnites et dans lesquels s'intercalent par places des bancs de brèches à éléments calcaires et dolomitiques du Trias.

2° Des calcaires clairs, parfois presque blancs, formés essentiellement par des débris de Pentacrines et contenant de petits fragments de calcaires dolomitiques.

3° Vers le haut ces couches passent à un puissant complexe de calcaires grenus, riches en silice, qui s'accumule en de nombreux silex.

L'âge de ces formations jurassiques, que Renevier attribuait au Dogger, est difficile à préciser exactement, en l'absence de fossiles déterminables avec certitude et caractéristiques. Tout porte à croire cependant qu'il s'agit de sédiments liasiques. En premier lieu, on constate que, toutes les fois que les calcaires du Chamossaire se trouvent en superposition stratigraphique normale, ils reposent directement sur le Trias ; en second lieu, les Bélemnites, qui sont les fossiles les plus communs, se rapprochent, par leurs formes cylindriques allongées, des formes liasiques voisines de *Bel. niger* ; troisièmement, le développement important des calcaires à Pentacrines dans ce complexe rappelle un développement de sédiments semblables que l'on trouve très fréquemment dans le Lias des Préalpes et des Alpes ; enfin, l'abondance des éléments triasiques dans les couches bréchiformes constitue un argument d'une certaine valeur en faveur d'un âge liasique.

Si l'on cherche à comparer la série du Chamossaire à d'autres formations du même âge, on ne peut qu'être frappé de leur analogie avec la série de la Brèche du Chablais et de la Hornfluh. Dans les deux régions on retrouve cette association de calcaires à Pentacrines et de brèches calcaires à éléments triasiques ; dans les deux régions les calcaires jurassiques reposent directement sur une zone peu épaisse de calcaires dolomitiques et de cornieules du Trias ; mais au Chamossaire les schistes ardoisiers de la zone moyenne et la Brèche supérieure manquent.

Dans la zone des Cols, les formations triasiques-jurassiques sont, en général, d'un type tout à fait différent et le Lias in-

férieur, qui paraît former la plus grande partie des calcaires du Chamossaire, y est presque partout fort mal représenté ; il existe pourtant entre les formations de la zone des Cols proprement dite et la base de la masse du Flysch du Niesen un complexe triasique-jurassique qui offre avec celui du Chamossaire une analogie incontestable ; je veux parler de la masse chevauchante qui forme au S. de la Lenk, entre le Haut-Simmental et la vallée de Poeschenried, l'Ober-Laubhorn et, plus à l'E., la crête du Metschhorn, puis d'une longue zone que l'on suit le long du pied du Flysch du Niesen depuis Sulzig et Lochberg à l'W. de la Lenk, par Frischenwert et Ochsenweid, à l'E. de Lauenen, puis par Alt-Läger et les Berner Windspillen, entre Lauenen et Gsteig, jusqu'à Vorder Wallegg, au N.-W. de cette dernière localité. Cet ensemble de formations contraste absolument avec les dépôts triasiques-jurassiques qui forment, au-dessous de lui, les plis laminés des Préalpes internes, par l'épaisseur réduite du Trias, qui ne comporte nulle part de gypse, et par le puissant développement du Lias inférieur, qui comprend des calcaires à Pentacrines et des zones bréchiformes à éléments de Trias et à gros grains de quartz.

Je me contente, du reste, de signaler ici cette double analogie que présente la série du Chamossaire avec celle du Chablais-Hornfluh, d'une part, de l'Ober-Laubhorn et de la base du Flysch du Niesen, d'autre part, sans examiner s'il y a entre ces trois complexes une possibilité de relations tectoniques. Je reviendrai sur ce sujet plus tard.

Série des grès de Taveyannaz

A la limite de la nappe des Diablerets et des nappes des Préalpes internes, depuis les Rochers-du-Van jusqu'au Creux-de-Champ, le complexe des grès de Taveyannaz joue un rôle très important, non seulement par sa masse, qui est considérable, mais aussi par la façon très compliquée dont il s'enchevêtre avec les formations sus-jacentes des Préalpes internes. L'enchevêtrement est même tel que la limite entre le Flysch préalpin et celui de la nappe des Diablerets est souvent difficile à tracer.

Par analogie avec le Flysch de l'Encrenaz et du Meilleret, je crois devoir considérer comme appartenant aux nappes des Préalpes internes le partie du Flysch de la zone des Rochers-du-Van-Creux-de-Champ, qui comprend de gros grès polygéniques et des brèches avec des zones de schistes argileux, en particulier celui qui couvre le versant N.-W. de la pointe d'Arpille et celui qui s'insinue en coin entre deux grandes lames de grès de Taveyannaz, soit dans le versant E. du cirque de Culant, soit dans le versant W. du Creux-de-Champ. Je puis d'autant mieux l'admettre que partout ce Flysch contient des écailles de Crétacique supérieur préalpin.

Par contre, je considère comme faisant encore partie de la série des grès de Taveyannaz, des schistes gris, grenus, ponctués de petites granulations noires, qui commencent par alterner avec les bancs supérieurs des grès et recouvrent finalement ceux-ci. Ces schistes sont fort développés au S. et à l'W. de Taveyannaz, ainsi que sur les deux versants de l'arête qui relie la Pointe d'Arpille à la base du Culant. Lorsqu'on les étudie au microscope, on constate qu'ils sont formés d'une pâte très fine, brunâtre, au milieu de laquelle se détachent de nombreux grains de quartz aux formes anguleuses et irrégulières et de petits fragments calcaires. Les minerais de fer y sont abondants et y forment soit des amas, soit un pigment généralement répandu. Quelques foraminifères sont disséminés dans la roche, parmi lesquels on reconnait des Globigérines.

Tectonique

La zone des Cols ou des Préalpes internes se distingue parmi toutes les zones alpines par la complication extrême de sa tectonique. Elle est formée par un empilement de plis-nappes, qui ont subi un laminage intense, en sorte que les séries, aussi bien normales que renversées, y sont toujours incomplètes, elles sont étirées, déchirées. Si l'on tient compte, d'autre part, de la rareté et de l'exiguité habituelle des affleurements, on comprendra facilement que l'étude géologique détaillée de cette zone comporte de grandes difficultés.

Quoique occupé depuis plusieurs années à lever cette région, je ne considère pas à l'heure qu'il est mon travail comme terminé, mais quelques faits importants me paraissent définitivement acquis, qui valent la peine d'être signalés. En 1907, nous avons cherché à démontrer, M. Collet et moi, l'indépendance stratigraphique et tectonique des calcaires du Chamossaire, relativement aux formations proprement dites de la zone des Cols. Toutes les observations que j'ai faites depuis lors n'ont fait que me confirmer dans cette opinion. Par contre, comme je l'ai déjà indiqué dans mon introduction, j'ai renoncé à voir dans le Flysch du Niesen un élément haut-alpin décollé de la nappe du Wildhorn, et je suis arrivé à la conviction que ce Flysch, inséparable de celui qui forme, sous l'écaille du Chamossaire, la grande zone d'Aigremont-La Forclaz-Roc de la Breyaz-Cabeuson, représente la couverture stratigraphique normale des formations de la zone des Cols, dont il ne peut donc pas être détaché tectoniquement.

Les formations des Préalpes internes, qui comprennent ainsi des termes triasiques, jurassiques, crétaciques et tertiaires, constituent un ensemble tectonique très compliqué, qui est limité vers le N.-W. par la série mésozoïque des Préalpes médianes passant par Tréveneuze et Vionnaz, à l'W. du Rhône, puis par la vallée de la Grande-Eau, le Mont-d'Or, la chaîne de la Gummfluh, le Turbachtal, le versant S.-E. des Spielgerten. Du côté du S.-E., la zone des Cols se moule sur les plis haut-alpins de Morcles, des Diablerets, du Wildhorn, et pénètre même profondément entre le pli de Morcles et celui des Diablerets. Entre les Hautes-Alpes et ce que l'on considère habituellement comme le bord radical des Préalpes médianes, les sédiments de la zone des Cols se sont entassés en formant des plis presque horizontaux, très effilés. Avant d'aborder l'étude détaillée de ces plis, je voudrais faire quelques remarques générales.

Si, d'abord, on compare l'allure des plis dans le Flysch suivant la zone d'Aigremont-La Forclaz-Cabeuson avec celle des plis correspondants dans le Jurassique, on est frappé de la forme beaucoup plus effilée que prennent les anticlinaux jurassiques. Il y a là un phénomène tout à fait comparable à celui

qu'on constate dans le versant droit de la vallée de l'Arve, entre Servoz et Cluse. Là aussi les anticlinaux jurassiques se couchent les uns sur les autres sur une largeur considérable, tandis que l'Urgonien ne forme que des plis au déjettement remarquablement limité. Ce contraste entre les plis profonds et les plis de surface s'explique du reste facilement. Dans les complexes plastiques du Jurassique inférieur, la masse des sédiments a émigré, sous l'influence de la surcharge et du laminage, des jambages de plis vers les charnières et particulièrement vers les charnières anticlinales ; elle a, pour ainsi dire, coulé, donnant naissance à des plis effilés, dont l'ampleur est tout à fait disproportionnée à la valeur réelle du refoulement. Plus haut, dans les mêmes séries, des complexes moins plastiques ne se sont pas prêtés à ces longues coulées ; ils n'ont pas pu pénétrer profondément dans les synclinaux et ont cédé à la poussée des charnières anticlinales, en se déplaçant en bloc et en ne marquant qu'un plissement atténué.

Si, faisant d'abord abstraction du détail des plis empilés de la zone des Cols, on ne considère que l'allure tout à fait générale des couches, on constate que, entre Rhône et Grande-Eau, ces couches dessinent un large synclinal évasé, se relevant, d'une part, vers la grande zone triasique du Pillon et du Col de la Croix, d'autre part, vers la zone triasique de la Grande-Eau inférieure. Cette inflexion synclinale ne se retrouve dans la zone des Cols ni vers le N.-E., ni vers le S.-W., par contre il existe des formes générales analogues, d'une part, dans la zone de la Brèche du Chablais, d'autre part, vers le N.-E., dans la large zone comprise entre la chaîne Laitmaire-Gastlosen et le versant interne de la chaîne du Niesen. Je me contente de relever cette analogie, me réservant d'examiner plus tard ce qu'elle peut signifier.

La série du Chamossaire étant considérée comme tectoniquement indépendante des formations de la zone des Cols, son intercalation au milieu de ces dernières permet de diviser très naturellement les plis des Préalpes internes en deux groupes, l'un inférieur à la série du Chamossaire, qui est surtout développé entre Rhône et Grande-Eau, l'autre supérieur, qui apparaît au S. de la Grande-Eau, dans une zone s'étendant de

l'arête de l'Encrenaz par le Meilleret et la Truche, dans la direction du village des Diablerets, mais qui prend sa principale extension au N. de la Grande-Eau, pour former la vaste zone de Flysch du Chaussy - Niesen.

A. *Groupe des plis inférieurs*

Dans le bas des pentes qui s'élèvent de la ligne Bex-Aigle vers la terrasse de Villars, on trouve une énorme masse de cornieules et de gypse, qui s'appuie sur le Trias des Préalpes médianes, dans la région d'Ollon, de Panex et de Plambuit et qui se continue vers le S.-E. jusqu'aux environs même de Bex, où elle entre en contact soit avec la lame de Néocomien à Céphalopodes, bien connue depuis les travaux de M. Lugeon, soit même avec le Crétacique autochtone. Je n'ai pas étudié en détail ce Trias, mais il n'y a, à ce qu'il me semble, pas de doute qu'il représente la base de l'élément le plus profond de la zone des Cols proprement dite, qui n'est séparée que localement de l'autochtone et du parautochtone par la lame de Néocomien à Céphalopodes.

Le Trias de Bex-Ollon se suit dans le versant gauche de la vallée inférieure de la Grande-Eau, par Panex et Plambuit, jusqu'au-dessus de Hauta-Crétaz. Depuis là, il disparaît dans la direction du N.-E., enveloppé par les sédiments jurassiques et le Flysch. Il faut admettre qu'il forme une tête anticlinale couchée au N.-W. et qu'autour de lui les sédiments plus récents se referment, tout en continuant le même pli par les pentes qui dominent les Planches, la Joux-du-Crot et les hauteurs de la Barbétaz, au N.-E. du Sépey. Près de la Joux-du-Crot apparaît du Dogger, qui marque l'axe de cet anticlinal, et il est probable que ce Dogger existe aussi sous les éboulis de Flysch, dans la direction du S.-S.-W., jusque vers les Granges et la Fontaine-Salée.

Le Trias de ce pli inférieur ou pli I, est couvert d'une zone de dépôts liasiques, qui se suit depuis Panex et Plambuit par Huemoz et les Pallueyres jusqu'au Fondement, dans le fond du ravin de la Gryonne. Cette zone, qui représente un profond synclinal couché, a été reconnue déjà par Renevier ; je ne l'ai

pas étudiée en détail et n'ai rien à ajouter aux observations de Renevier; je voudrais seulement faire remarquer qu'on trouve dans cette zone synclinale inférieure une série liasique qui se distingue de celles des plis plus élevés par la présence d'un Sinémurien calcaire, bien développé et caractérisé par une faune d'Ariétites.

Sur la zone liasique d'Huemoz vient se superposer notre anticlinal II, dont la base est formée par le Trias du ravin de la Gryonne, à l'E. du Fondement, qui passe ensuite sous Villars, par Chésières, pour aboutir au plateau des Ecovets. Ce Trias forme probablement le sous-sol de tous les environs de Villars, où il est partout recouvert par un épais revêtement morainique; il supporte une série jurassique, localement très puissante, qui forme à l'E. de Villars la crête de Billioley-Teisajoux, qui affleure vers les sources de la Petite-Gryonne, aux Communs-de-la-Saussaz, qui est presque complètement cachée sous la moraine et les éboulis au N. de Chésières, mais qui reparaît au-dessus des Ecovets, vers le Cropt, et qui se retrouve jusque dans les cascades du Dard. Cette série jurassique comprend des bancs calcaires un peu spathiques qui représentent probablement le Sinémurien, des schistes noirs qui paraissent comprendre le Pliensbachien, le Toarcien et l'Aalénien, des calcaires foncés à Zoophycos séparés par des couches marneuses qui représentent le Dogger, et des schistes gris foncés avec bancs de calcaires gris jaunâtres, compacts, contenant quelques mauvais *Rhac. tortisulcatus* de l'Oxfordien-Argovien. Par places on trouve de simples lentilles, écrasées dans le plan de chevauchement du pli sus-jacent, qui sont formées d'un calcaire compact, gris, à *Calpionella alpina* et qui représentent seules le Malm.

Le Trias de ce pli II n'affleure plus dans la vallée de la Grande-Eau inférieure; il doit être enveloppé par le Dogger, qui forme vers les cascades du Dard, une zone étranglée entre le Flysch de l'anticlinal I et le Trias de l'anticlinal III. Mais la zone de Flysch du pli I est très mince et discontinue, de sorte que, au moins par places, il devient impossible de délimiter le Dogger du pli I et du pli II, qui sont directement contigus et isoclinaux. Plus loin, dans la direction du N.-E., la trace de

l'anticlinal II est encore plus difficile à suivre à cause de l'extension des dépôts morainiques, qui cachent presque tout. D'après les formes du terrain je suis tenté de faire passer l'axe de ce pli à peu près par la Fontaine-Salée, puis par le replat de Gottraux, sur le versant N.-W. de la Golettaz, par la Forclaz, pour souder les dépôts jurassiques de la partie moyenne des cascades du Dard avec celles qui affleurent dans le ravin de la Grande-Eau, en amont du Flysch d'Aigremont jusque sous le hameau de Rosé. L'importante masse de Flysch qui forme les pentes de la Golettaz, puis les pentes du versant S. de la vallée des Ormonts, depuis la Forclaz jusque près de Vers-l'Eglise, appartiendraient donc à la couverture de notre anticlinal II, tandis que le Flysch d'Aigremont, de la Joux-du-Crot et de la Pousaz, s'enfonceraient synclinalement au S.-E., entre les anticlinaux I et II. Sur le versant N. de la vallée des Ormonts, le Flysch normal de l'anticlinal II n'apparaît guère que près des Vuadires, au N.-W. de Rosé.

Tandis que le Flysch est très développé dans la partie de l'anticlinal II, qui est mise à découvert dans la vallée des Ormonts, il forme une zone beaucoup plus mince sur le versant de la Petite-Gryonne, au-dessus des Ecovets et de Chézières, et il ne tarde pas à disparaître complètement vers l'E., car au N. de Teysajoux le Lias de l'anticlinal III repose directement sur l'Oxfordien ou le Malm de l'anticlinal II.

Le synclinal qui sépare l'anticlinal II du pli sus-jacent, prend une importance toute particulière. Le Lias et le Dogger qui lui appartiennent s'enfoncent au S.-E., entre le Trias du fond de la Gryonne et celui qui forme tous les environs de Gryon ; plus haut, dans la vallée de la Gryonne, ils forment une puissante série isoclinale, malheureusement presque partout couverte de moraines, au-dessous de La Croix, où le Trias de l'anticlinal III recouvre un jambage renversé de Lias et Dogger. Autour de cette charnière synclinale effilée de Jurassique, le Trias se développe de toute part et depuis la ligne Gryon-La Croix, il s'enfonce profondément au S.-E., sous le pli des Diablerets, séparant celui-ci de la lame de Néocomien à Céphalopodes et du pli de Morcles qui la supporte. Le Trias du synclinal II/III se moule ainsi sur les deux plis haut-alpins inférieurs, mais il

n'est en contact direct ni avec l'un, ni avec l'autre ; du pli de Morcles il est séparé par le Néocomien à Céphalopodes ; des grès de Taveyannaz du pli des Diablerets, il est séparé par une zone, par places très puissante, de terrains, qui comprennent du Flysch, du Crétacique supérieur et surtout de l'Oxfordien, du Dogger et du Lias.

Cette zone se montre d'abord dans le versant droit de la vallée de l'Avançon, au-dessus de Solalex, représentée par un gros rocher de Dogger qui pointe au milieu des éboulis de grès de Taveyannaz ; elle contourne ensuite les Rochers-du-Van, comprenant du Dogger, des marno-calcaires oxfordiens fossilifères et des lambeaux de Crétacique supérieur et de Flysch ; elle passe à la Chaux-d'En-Haut et au-dessus, où elle comprend deux écailles superposées, puis elle prend son maximum de développement dans les pentes boisées comprises entre la Gryonne et le chemin de Chaux-d'En-Haut à Taveyannaz. Sur toute cette longueur les formations préalpines sont sous-jacentes aux grès de Taveyannaz de la digitation inférieure de la nappe des Diablerets ; dans le fond de la Gryonne, près de Rembloz et de Coufin, elles disparaissent sous la moraine, mais elles reparaissent plus au N.-E., entre Coufin et La Croix et cette fois elles sont sus-jacentes aux grès de Taveyannaz normaux de la même digitation de la nappe des Diablerets ; on peut donc considérer comme certain que les formations préalpines encapuchonnent cette digitation inférieure par une charnière enfoncée au N.-W.

Le pli III, qui supporte directement la masse indépendante du Chamossaire et représente par conséquent le dernier des plis inférieurs de la zone des Cols, se distingue par son caractère particulièrement effilé ; le jambage renversé y fait à peu près complètement défaut et dans le jambage normal la série des sédiments, toujours très amincie, est le plus souvent très incomplète. La racine de ce pli au S.-E. est complètement masquée par la moraine, mais elle doit se placer dans le fond de la région supérieure de la vallée de la Gryonne, exactement devant le front de la digitation inférieure de la nappe des Diablerets. C'est aux environs d'Ensex que nous trouvons les premiers éléments du pli III. Ici nous voyons émerger sous le

Trias du Col de la Croix, qui appartient à notre anticlinal IV, dans la direction de l'W., d'abord du Flysch, puis des marno-calcaires oxfordiens, des bancs de calcaires noirs du Dogger, puis les schistes argileux noirs du Lias. Cette série normale, qui plonge au S.-E., n'a rien à faire avec celle que j'ai signalée tout à l'heure au S. de la Gryonne ; elle en est séparée par le Trias du pli III, qu'on ne voit, il est vrai, pas en cet endroit, mais dont l'existence découle avec certitude de l'ensemble des profils de la région.

Si l'on suit les formations jurassiques du pli III dans la direction de l'W., on les voit former une zone continue par Ensex et les Communs-de-Charmey, jusqu'à Berboleuse, au S.-W. de Bretaye. D'Ensex jusqu'au chemin de Villars-Bretaye, cette zone, réduite bientôt par laminage, au Lias seul, supporte directement une épaisse série de cornieules et de calcaires dolomitiques qui forme la base des calcaires du Chamossaire ; au S. de Bretaye elle est écrasée entre cette base et le dos de l'anticlinal II, formé de Dogger et d'Oxfordien.

A partir de là, la physionomie de l'anticlinal III change complètement par suite de l'apparition sur le Jurassique du Flysch. Celui-ci se montre pour la première fois vers l'W., par quelques minces bancs de Brèche intercalés, dans le versant S. de l'Aiguille de Bretaye, entre les schistes du Lias et le Trias du Chamossaire, puis il s'épaissit très rapidement pour former la crête du Roc de la Breyaz et, finalement, c'est ce même Flysch qui constitue l'énorme masse de brèches polygéniques et de schistes, à laquelle appartiennent les hauteurs du Plan-Sevoeyreux et du Plan-au-Savioz, ainsi que les pentes W. du soubassement du Chamossaire, depuis le Fond-d'Orsay et la Case-de-Lurtier jusqu'au haut des cascades du Dard, aux Lavanches et à Loex-derry.

Les formations mésozoïques du pli III qui supportent ce Flysch, très amincies et presque partout couvertes par la moraine ou l'éboulis, n'apparaissent que très imparfaitement ; quelques jalons nous permettent pourtant de les suivre : à Berboleuse affleurent des schistes liasiques ; à un kilomètre plus à l'W., sur le sentier qui conduit à la Truche, un grand entonnoir doit marquer le Trias ; un peu plus loin, sur le même

sentier, de petits affleurements de calcaire noirs, alternant avec des marnes noires, indiquent le Dogger ; à la Truche et aux environs immédiats, le Trias apparaît sur plusieurs points et au-dessus de lui, se montrent localement des schistes liasiques et des calcaires du Dogger supportant le Flysch. De là, vers le N., les affleurements sont très rares à cause du développement énorme des éboulements de Flysch ; pourtant, immédiatement au S. du sentier qui monte de Plambuit à Argnaules, vers la nouvelle canalisation des eaux d'Ollon, on retrouve un gros affleurement de cornieules et au-dessus de lui des schistes noirs du Lias, qui paraissent supporter directement le Flysch. Un peu plus loin, au-dessus du sentier qui traverse les cascades du Dard, le Trias apparaît de nouveau au-dessus du Dogger de l'anticlinal II ; il est bordé de deux zones liasiques ; entre ce Lias et le Flysch sus-jacent, apparaît une mince zone de Dogger.

En continuant du Dard vers le N.-E., on ne voit plus du pli III que le Flysch, qui forme les pentes boisées de la Hauta-Siaz et de Lurtier, et qui se continue jusque près des Comballes, au S. de la Forclaz. Les terrains mésozoïques du cœur du pli sont complètement couverts par des éboulis et la moraine et ils doivent être réduits à une très faible épaisseur ; ils passent très probablement par la combe des Praz-Moux, au S. de la Forclaz, et de là ils doivent rejoindre une zone de Dogger qui passe entre Coussy et les chalets de Loex, contournant ainsi l'éperon N. des calcaires du Chamossaire. Quant au Flysch il subit de l'W. à l'E. ici exactement comme entre le Roc de la Breyaz et Bretaye, un amincissement très rapide et sous les Loex il semble faire complètement défaut entre le Dogger de l'anticlinal III et la base de la nappe du Chamossaire. Le cirque de Coussy est creusé dans une série presque horizontale de Lias et Dogger du pli III, recouverte directement par le Lias du Chamossaire et plus loin, vers l'E., on retrouve exactement la même succession dans le bois du Tomelet. De là les dépôts jurassiques descendent à travers le versant gauche de la vallée des Ormonts jusqu'à Vers-l'Eglise, formant une zone très mince et presque complètement cachée par les revêtements quaternaires.

Au S.-E. de Vers-l'Eglise, une complication intervient. En effet, le Flysch du pli II se relève brusquement en une voûte sur laquelle se moule directement une zone de cornieules ; or ce Trias supporte du Lias, du Dogger et du Flysch de notre anticlinal IV, il appartient donc lui-même à ce pli et nous sommes forcés d'admettre ici un déchirement complet du pli III. Ce déchirement ne prend, du reste, pas une très grande ampleur, car le Lias et le Dogger reparaissent un peu plus à l'E., tout autour du petit sommet du Truchaud, où ils sont couverts d'un chapeau de calcaire du Chamossaire.

Nous avons ainsi suivi l'anticlinal III tout autour du massif du Chamossaire et nous avons vu que partout jusqu'à une ligne reliant Ensex au Truchaud, à l'W. du village des Diablerets, il supporte la nappe du Chamossaire. Nous trouvons la confirmation de ce fait dans le centre même du massif où tout un réseau de fenêtres nous montrent les schistes du Dogger inférieur, fossilifères, sous le Lias du Chamossaire, avec par places des lambeaux de cornieules dans le plan de contact ; ainsi tout autour de Bretaye et dans la combe qui relie Bretaye au lac des Chavonnes, puis aux environs de Conches et presque tout le long du chemin qui relie Bretaye par Conches à Perches.

La même superposition se retrouve sur le versant N. de la vallée des Ormonts. Là, en effet une zone de Lias et Dogger superposée au Flysch de l'anticlinal II, se suit depuis les pentes au-dessus de Rosé jusqu'au Planet-des-Troncs et de là le long du versant gauche de la vallée de la Raverettaz jusqu'à Lioson-d'En-Bas, et cette zone qui représente l'anticlinal III est recouverte sur toute sa largeur par des calcaires liasiques du Chamossaire.

(A suivre).

LES

CÉVENNES MÉRIDIONALES

(MASSIF DE L'AIGOUAL)

ÉTUDE PHYTOGÉOGRAPHIQUE

PAR

Josias BRAUN

(Suite et fin[1])

Les étages naturels de végétation

Les premières indications sur les étages altitudinaux de végétation du midi de la France se trouvent dans l'« Histoire naturelle », l'œuvre classique de l'abbé Soulavie (1780). Il y distingue six étages superposés, correspondant à six climats principaux s'échelonnant de la Basse-Provence au sommet du Mont Mézenc et caractérisés par l'oranger, l'olivier, la vigne, le châtaignier, le sapin et les plantes alpines. Ce schéma primitif a subi depuis maintes modifications, mais la base de la classification est restée la même.

L'aperçu le plus récent, concernant les étages de végétation du Gard et de l'Aigoual est dû à M. Cabanès (l. c. 1912). Il distingue un étage à végétation halophile (localisé sur le littoral), puis l'étage de l'olivier jusqu'à 350-400 m., l'étage du châtaignier de 400 à 1050 m., et au-dessus l'étage du hêtre.

Ici encore (comme dans la plupart des classifications antérieures) des notions d'ordre édaphique et économique ont été

[1]) Voir *Archives*, 1915, t. XXXIX, p. 72, 167, 247, 339, 415, 508 et t. XL, p. 39, 112 et 221.

introduites; le tableau est par conséquent loin de représenter *uniquement les changements produits dans la végétation naturelle par l'influence de l'altitude.*

Souvent, pour délimiter les étages altitudinaux de végétation, on fait appel aux essences arborescentes les plus apparentes. C'est un moyen simple, n'exigeant ni connaissances spéciales ni procédé minutieux; il peut aboutir à des résultats satisfaisants, du moins dans un pays où la nature a été peu modifiée par l'homme. Dans la région d'ancienne culture cependant qu'est l'Europe occidentale et méditerranéenne, une grande prudence s'impose à cet égard.

Il est souvent difficile, sinon impossible, de se rendre compte de l'étendue des altérations et déplacements qu'ont subies les limites des essences ligneuses (Pyrénées). Dans les Basses-Cévennes, par exemple, l'olivier et le châtaignier occupent aujourd'hui une grande partie du domaine naturel du chêne vert. Le châtaignier, protégé par l'homme, a dépossédé le chêne blanc en maintes localités; l'économie pastorale a modifié souvent les limites de la forêt de hêtre.

Pour établir les étages de végétation dans les Alpes bavaroises, M. Sendtner (1854) avait employé un autre moyen. Il ne fixait pas les limites d'après l'apparition ou la disparition d'un arbre ou d'une forme de culture, mais par des courbes horizontales correspondant aux limites individuelles moyennes d'un grand nombre d'espèces. Cette méthode, recommandable au point de vue théorique, exige une statistique minutieuse de la répartition altitudinale de chaque espèce et de ses fluctuations aux diverses expositions. Elle comporte ainsi bien des chances d'erreur.

Dans notre étude, la délimitation des étages repose sur la répartition verticale *de l'ensemble des associations.* Les limites d'étage correspondent aux cotes altitudinales où permutent une majorité d'associations.

Dès lors, il devient indispensable de fixer aussi précisément que possible la répartition altitudinale des groupements de plantes, écartant celles dont les limites ont un caractère purement accidentel.

Répartition verticale des associations dans le massif de l'Aigoual

	Limites moyennes *inférieures*	*supérieures*
Rochers à *Anthirr. Asarina*, échel. inf.	—	1000 m.
» » » » sup.	1000 m.	(sommets)
» à *Potentilla caulescens*. . . .	600 »	(édaphique)
Eboulis à *Calamagrostis argentea* . .	env. 600 m.	»
Corynephoretum	—	1000 m.
Ass. à *Paronychia polygonifolia* . . .	950 m.	(sommets)
» du chêne vert	—	600 m.
» mixte du chêne vert et chêne blanc	200-300 m.	500-550 m.
» du chêne blanc pur	500 m.	1000 m.
Buxetum	600 »	1050 »
Association du hêtre	1050 »	1520 »
Aulnaie.	—	950-1000 m.
Pinetum silvestri.	700 m.	1100 m.
Landes à *Sarothamnus*	—	1050 »
» à *Genista purgans*	700 m.	1300 »
» à *Calluna* et *Genista pilosa* .	1100 »	(sommets)
Ass. à *Deschampsia flexuosa* (incl. *Nardetum*)	1100 »	—
» à *Bromus erectus* (incl. *Brachypodietum*)	—	1050 m.
» à *Arrhenatherum elatius*	—	1000 »
» à *Luzula Forsteri* (châtaigneraie irriguée)	—	950 »
» à *Agrostis vulgaris*.	1050 m.	1300 m., artific.
Eriophoretum	1050 »	—
Ass. à *Carex Goodenovii*	1100 »	—
» à *Juncus silvaticus*	650 »	1500 m.
Tourbières à *Sphagnum*.	1100 »	(1350 »)
Ass. à *Adenostyles Alliariæ*	1050 »	(1500 »)
Montieæ.	200 »	(1500 »)
Assoc. culturales (limites artificielles) :		
Moissons des terrains siliceux . .	—	1200 m.
» » calcaires. .	—	1100 »
Vignes	—	600 »
Cultures potagères et champs de pommes de terre	—	1300 (1520 m.)

Un coup d'œil sur ce petit tableau nous montre que les limites des associations se groupent autour de deux niveaux

principaux, l'un situé à 600 m. environ, l'autre à 1000-1100 m. Ces deux lignes altitudinales divisent notre territoire en trois étages superposés qu'on peut désigner d'après les associations les plus importantes :

Etage du chêne vert, jusqu'à 600 m. (manquant au versant atlantique) ;

Etage du chêne blanc, de 600 à 1050 m., et

Etage du hêtre, de 1050 m. jusqu'aux sommets.

Le soi-disant étage du châtaignier, distingué par la plupart des botanistes, chevauche inégalement sur ceux du chêne vert et du chêne blanc. Il ne dépasse pas en moyenne 950 m. et dépend, nous l'avons démontré, de conditions économiques.

Les associations purement culturales ne se prêtent pas à la délimitation des étages naturels de végétation. Dans les Cévennes, la limite de la culture de la vigne correspond seule à une limite d'étage, celui du chêne vert. Mais on sait combien, ailleurs, cette culture dépasse le domaine du chêne vert. Quant à l'olivier, il ne s'élève pas en moyenne au-dessus de 450-500 m.

Un phénomène curieux, mais point rare dans les gorges des Causses est *l'inversion des étages naturels*. Le Pas de l'Ase, entre Trèves et la Moline, nous en fournit un bon exemple. Abrité par de hautes falaises contre l'insolation directe, un peuplement de hêtres vigoureux s'est établi au fond de la gorge, à 630 m., et avec lui, beaucoup de végétaux qu'on ne rencontre pas habituellement à pareille altitude (*Pulmonaria affinis, Sambucus racemosa, Populus tremula, Valeriana tripteris, Aster alpinus,* etc.). Bien au-dessus, sur les flancs ensoleillés du défilé, des bouquets de pin sylvestre et des taillis de chênes blancs donnent asile à une flore de caractère méridional, enrichie de quelques espèces franchement méditerranéennes.

Un autre phénomène, bien connu, intervient pour troubler la netteté des limites altitudinales de végétation : *l'influence de l'exposition.* Cette influence se manifeste à des degrés divers suivant l'inclinaison des pentes; elle est plus marquée sur les pentes à forte inclinaison : conséquence de l'insolation, très intense sur les versants sud, sud-est, sud-ouest, faible sur les versants nord, nord-est, nord-ouest. Dans la vallée supérieure de l'Hérault, entre Valleraugue et Mallet, la différence entre

le flanc ensoleillé (adret) et le versant ombragé (ubac) atteint de 400 à 500 m. Les derniers bouquets de chênes verts ne dépassent pas 450 m. à l'ubac, ils s'élèvent à 900-950 m. sur le versant sud de l'Aigoual. Ici la forêt de hêtres commence à 1200 m.; là, aux ubacs de la Luzette, elle apparaît dès 800 m. Il en est de même dans la vallée de l'Arre où, près de Las Fons les peuplements purs de chêne blanc descendent sur le versant nord du Causse jusqu'à 300 m., tandis qu'en face, sur les terrasses exposées en plein midi, l'olivier monte à 500 m. et des bouquets de chênes verts à 670 m.

De ce qui précède, il ressort clairement que nos limites moyennes ne peuvent fournir qu'une faible idée de la répartition réelle de la végétation. En réalité, les limites des étages altitudinaux figurent des courbes sinueuses, bien souvent ondulées, moins élevées sur l'ubac que sur l'adret.

Pourtant chacun de nos étages possède en propre non seulement des associations qui le caractérisent, mais encore un grand nombre d'espèces spontanées et cultivées exigeant un climat spécial, bien déterminé.

A. Etage du chêne vert.

(Etage inférieur).

Caractérisé par la végétation et les associations méditerranéennes, surtout par l'association bien développée du chêne vert et par l'association mixte du chêne vert et chêne blanc, cet étage s'étend entre 180 et 600 m. environ, s'insinuant le long du thalweg de l'Arre et de l'Hérault jusqu'au cœur de la montagne (Valleraugue, Berthezène). Sous la dépendance étroite du climat méditerranéen à étés chauds et secs, il n'atteint pas le versant atlantique de notre massif. La limite supérieure de l'étage du chêne vert coïncide avec la limite climatique et biologique de la région méditerranéenne. Elle est marquée non par la disparition des peuplements du chêne vert même, qui dépassent 900 m. en certains endroits, mais par la disparition de la plupart des végétaux méditerranéens à feuilles per-

sistantes caractérisant l'association du chêne vert. Le même fait se produit dans d'autres contrées de la France méridionale et sud-occidentale. Dans la vallée du Rhône, par exemple, les taillis et bouquets du *Quercus Ilex* s'avancent bien au-delà de la région méditerranéenne.

Parmi les espèces propres à l'étage inférieur, quelques-unes se font remarquer par leur port ou par leur fréquence. Tels sont, par exemple :

	Limite supérieure absolue
Grammitis leptophylla	550 m.
Stipa Aristella	680 »
Bromus madritensis	600 »
Briza maxima	650 »
Gastridium lendigerum	600 »
Carex longiseta	640 »
Cyperus longus	580 »
Ruscus aculeatus	650 »
Serapias Lingua	550 »
Nigella damascena	600 »
Ornithopus compressus	550 »
Trifolium hirtum	550 »
Ruta angustifolia	630 »
Euphorbia segetalis	600 »
Rhamnus Alaternus	670 »
Phillyrea media	700 »
— *angustifolia*	550 »
Jasminum fruticans	650 »
Arbutus Unedo	630 »
Sideritis romana	600 »
Satureia montana	650 »
Aristolochia Pistolochia	600 »
Centranthus Calcitrapa	650 »
Phagnalon sordidum	650 »
Buphthalmum spinosum	650 »
Senecio gallicus	600 »
Urospermum picroides	600 »
— *Daleschampii*	620 »
Tragopogon australis	600 »
Crepis bulbosa	550 »

Beaucoup de végétaux à feuilles persistantes ne dépassent que rarement l'altitude de 600 à 700 m. dans des localités très abritées, ensoleillées. Ainsi, par exemple, *Cistus laurifolius, Ononis minutissima, Spartium junceum, Asparagus acutifolius, Osyris alba, Psoralea bituminosa, Clematis Flammula, Euphorbia Characias* qui s'arrêtent entre 700 et 750 m.

D'autre part une nombreuse série de végétaux n'atteint pas la limite de l'étage du chêne vert et reste cantonnée dans les parties basses de nos vallées méditerranéennes. Tels sont, entre autres, les :

	Limite supérieure
Cheilanthes odora	450 m.
Nothochlæna Marantæ.	c. 350 »
Stipa juncea	450 »
Allium roseum	400 »
— *siculum*	480 »
Silene inaperta	450 »
— *nocturna*	400 »
Althæa cannabina	350 »
Genista candicans	c. 400 »
Trifolium Bocconi	c. 300 »
— *ligusticum*	250 »
Vicia purpurascens	350 »
Lathyrus annuus	300 »
Euphorbia serrata	450 »
Smyrnium Olusatrum	400 »
Viburnum Tinus	430 »
Vincetoxicum nigrum	350 »
Teucrium flavum	480 »
Verbascum sinuatum	300 »
Centaurea aspera	380 »
Zacintha verrucosa	c. 300 » , etc.

Inutile de dire que l'élément méditerranéen domine de beaucoup, tant par le nombre des espèces que par le caractère qu'elles impriment au paysage. Pourtant les châtaigneraies plantées partout dans les stations fraîches descendent jusqu'au pied de la montagne, apportant avec leur verdure une note

claire dans le vert-gris sombre des taillis de chêne vert. Sur les replats alluviaux, irrigables, des vergers et des prés luxuriants forment des îlots boréaux dans la végétation méditerranéenne. Mais partout où l'irrigation n'est pas possible, le genre de culture même trahit l'influence du climat.

L'olivier, bien que déchu de son importance, occupe toujours une grande place dans l'économie agricole. Il forme de véritables peuplements sur les adrets chauds de la vallée de l'Arre et de l'Hérault. Sa culture demande des soins spéciaux (buttage, fumure, taille annuelle, nettoyage), mais il donne encore des récoltes abondantes. La cueillette des olives a lieu au mois de décembre. Les fruits non destinés à être confits sont traités dans les moulins à huile à Bez, Molières, au Vigan, à Mandagout, etc. L'huile, d'assez bonne qualité, se vend environ deux francs le litre ; elle est consommée dans le pays même.

La dépopulation des villages purement agricoles, le renchérissement de la main d'œuvre sont les principales causes de l'abandon de beaucoup d'olivettes vers la limite supérieure de l'arbre ou dans des points peu favorables. Les arbres délaissés ne portent plus de fruits, et ne tardent pas à disparaître.

Il en résulte que la limite supérieure de l'olivier tend à s'abaisser sensiblement ; on comprend combien il est délicat de fixer la limite d'une région climatique et biologique d'après la répartition d'une seule essence cultivée, dont la culture est sujette à des fluctuations d'ordre économique. Dans les Cévennes, l'olivier atteint à peine la limite de la région méditerranéenne, ailleurs, comme au Tessin et au lac de Côme, il la dépasse de beaucoup.

Le mûrier *(Morus alba)*, activement cultivé pour sa feuille, atteint souvent l'altitude de 600 à 700 m. La sériciculture, industrie familiale, est presque entièrement dans les mains des paysans. Chaque famille possède une chambrée de vers à soie, dont le rapport net peut atteindre et dépasser 200 francs par saison.

La culture de la vigne, moins importante que celle de l'olivier et du mûrier, s'arrête également entre 600 et 700 m. ; elle déborde cependant largement dans les vallées atlantiques des Causses.

Les pommes des basses vallées ont une renommée bien méritée. La reinette du Vigan se vend en quantité dans les villes du bas Languedoc et même jusqu'à Paris.

Le figuier, l'amandier, le grenadier, le pêcher mûrissent leurs fruits sur les terrasses en gradins qui encadrent le thalweg de l'Arre et de l'Hérault. Dans les jardins et près des habitations on admire de beaux lauriers *(Laurus nobilis)* jusqu'à 600 m. et une foule de végétaux exotiques. Citons seulement le palmier du Chili *(Jubæa spectabilis)*, le *Magnolia grandiflora* de la Floride, le *Prunus lusitanica* du Portugal. Les plus fréquents sont cependant les végétaux de l'extrême orient, comme les *Magnolia obovata, Trachycarpus excelsa, Eriobotrya japonica, Photinia serrulata, Evonymus japonicus,* etc., qui semblent mieux adaptés à ce climat.

L'arbre des cimetières du midi, le cyprès *(Cupressus sempervirens)* ne manque pas non plus ; un vieux solitaire trône encore à 600 m. sur un coin du rocher d'Esparron. A l'ubac du même rocher un bosquet de cèdres du Liban *(Cedrus Libani)* se développe vigoureusement; les arbres s'y reproduisent, mais les jeunes plants sont dévorés par les moutons.

Le centre économique et administratif de tout ce pays, le Vigan, petite ville industrielle, est adossé au pied de la montagne en plein étage du chêne vert.

B. Etage du chêne blanc.

(Etage moyen).

Entre 550 et 650 m. finit l'association bien développée du chêne vert; avec elle disparaissent la plupart des végétaux ligneux à feuilles persistantes et une foule de plantes herbacées méditerranéennes. Le châtaigner dans les terrains siliceux et le chêne blanc *(Quercus sessiliflora)* sur sol calcaire deviennent dominants. Sur le versant atlantique le pin sylvestre se joint à ces deux essences et forme des forêts à partir de 700 à 800 m.

La limite supérieure de l'étage moyen est marquée par la disparition des associations du chêne blanc, du pin sylvestre, de

l'*Arrhenatherum elatius*, du *Corynephorus (Corynephoretum)*. La châtaigneraie irriguée cesse un peu plus bas, à 900 m. en moyenne. Par contre apparaissent la futaie de hêtre et plusieurs associations essentiellement montagnardes.

Le châtaignier est l'arbre le plus important au point de vue physionomique et économique. A sa présence et à l'abondance de sources dans les terrains siliceux correspond un genre de vie spécial, bien différent de celui des Causses. Sur les Causses la rareté des sources groupe les habitations autour des oasis qu'elles fertilisent; au contraire, dans les montagnes siliceuses, les habitations sont disséminées au voisinage des moindres points d'eau répandus partout. La petite propriété est la règle et les communes se composent d'un grand nombre de hameaux isolés. La commune de Mandagout compte une douzaine de petites agglomérations, celle de Valleraugue une vingtaine au moins.

Le fond de la flore de l'étage du chêne blanc, quoique extra-méditerranéen, est encore essentiellement méridional. Des échappés de la région méditerranéenne abondent, surtout dans les parties supérieures de la vallée de l'Arre et de l'Hérault; quelques-uns des plus caractéristiques s'élèvent ça et là jusqu'à la limite supérieurre du chêne blanc *(Acer monspessulanus* 1350 m., *Quercus Ilex* 1310 m.).

La proportion numérique des échappés est en rapport avec la situation topographique d'une localité; elle diminue rapidement partout où des obstacles s'opposent à l'immigration du sud; les vallées du versant nord en sont relativement pauvres. *Quercus Ilex, Erica arborea, Cistus salvifolius, Antirrhinum majus,* très répandus dans l'étage moyen du versant sud, manquent complètement au-delà de la chaîne de faîte.

Parmi les végétaux méridionaux traversant tout l'étage du chêne blanc et qui disparaissent à sa limite supérieure, nous pouvons citer :

	Altitude maximum
Buxus sempervirens	1110 m.
Cytisus sessilifolius	1080 »
Luzula Forsteri	1200 »
Plantago Cynops	1110 »

	Altitude maximum
Silene italica	1100 m.
Mœnchia erecta	1130 »
Arabis auriculata	1100 »
Helianthemum polifolium	1130 »
Linum salsaloides	1100 »
Sedum anopetalum	1125 »
— *altissimum*	1100 »
Coronilla minima	1100 »
Trifolium striatum	1120 »
Crucianella angustifolia	1050 »
Rubia peregrina	1010 »
Senecio lividus	1070 »
Inula montana	1100 »
Echinops Ritro	1100 »
Podospermum laciniatum	1100 »
Lactuca virosa	1150 »
Leontodon crispus	1100 »
Pterotheca sancta	1180 »

Toutes ces espèces se rencontrent aussi sur le versant atlantique.

Plusieurs arbres et arbustes ont leur centre de fréquence dans l'étage du chêne blanc et ne le franchissent qu'exceptionnellement. Tels sont: *Acer opulifolium* (limites extrêmes: 450-1360 m.), *Tilia platyphylla* (450-1150 m.), *Rhamnus cathartica* (650-1100 m.), *Rhamnus saxatilis* (600-950 m.), *Cotoneaster tomentosa* (800-1050 m.), *Daphne Laureola* (450-1060 m.), *Ribes Grossularia* (500-1300 m.).

Nombreux sont les végétaux herbacés qui, cantonnés ou à peu près dans l'étage moyen, aident à le caractériser. Citons parmi les plus expressifs:

Viscum album
Anemone Hepatica
Aquilegia Kitaibelii
Trifolium rubens
Lathyrus niger
Symphytum tuberosum
Melittis Melissophyllum
Atropa Belladonna
Veronica triphyllos
— *præcox*

Euphorbia Duvalii	*Digitalis lutea*
Malva moschata	*Lathraea Squamaria*
Hypericum pulchrum	*Campanula speciosa*
— *hyssopifolium*	— *persicifolia*
Bupleurum falcatum	*Inula spiræfolia*
Pimpinella Saxifraga	*Serratula nudicaulis*
Primula acaulis	*Senecio Gerardi*
Gentiana cruciata	*Hieracium lesurinum* inéd.

Les principaux arbres fruitiers, le châtaignier mis à part, sont le noyer, le pommier, le poirier, le prunier et le cerisier. Ils accompagnent les foyers humains jusqu'à 1000 m. environ; le cerisier jusqu'à l'Espérou, (1250 m.) où cependant il mûrit rarement ses fruits. Un noyer planté vers 1880 au-dessous de l'Espérou à 1200 m., produit régulièrement des noix; il en a donné plus de 20 litres en 1908 (comm. de M. Flahault).

C. Etage du hêtre.

(Etage supérieur).

Entre 1000 et 1100 m. sur le versant sud, entre 900 et 1000 m. sur le versant nord se produit un changement évident de la végétation. Les associations principales de l'étage moyen disparaissent successivement, faisant place à d'autres, de caractère montagnard, telles que les landes à *Calluna* et à *Genista pilosa,* les tourbières, les prairies à *Deschampsia flexuosa,* à *Nardus,* à *Festuca spadicea,* les prés à *Agrostis vulgaris,* l'association à *Adenostyles Alliariæ.* Mais ce qui frappe surtout l'observateur, c'est la prédominance exclusive de la hêtraie, l'extension considérable de cette association partout où l'homme ne l'a pas détruite.

Un grand nombre de végétaux boréaux, subalpins et même alpins sont strictement localisés dans l'étage du hêtre et servent à le caractériser. Citons d'abord comme végétaux ligneux :

	Limites inférieures absolues
Acer platanoides	1200 m.
Ulmus montana	1000 »
Salix aurita	1100 »

	Limites inférieures absolues
Salix repens	1100 m.
Prunus Padus	c. 1000 »
Ribes petræum	1300 »
Cotoneaster vulgaris	1180 »
Lonicera nigra	1050 »
— *alpigena*	1380 »
Vaccinium uliginosum	1350 »
— *Vitis Idæa*	1200 »
Genista sagittalis	1100 »

Végétaux herbacés qui dans le massif de l'Aigoual ne dépassent pas, même accidentellement, vers le bas l'étage du hêtre :

	Limites inférieures absolues
Rumex arifolius	1480 m.
Epilobium alpinum	1420 »
Mulgedium Plumieri	1410 »
Corydalis fabacea	1400 »
— *claviculata*	1330 »
Paradisia Liliastrum	1350 »
Trifolium alpinum	1330 »
Cœloglossum albidum	1300 »
Veronica montana	c. 1300 »
Hypericum quadrangulum	1300 »
Helodes palustris	1300 »
Dianthus silvaticus	1300 »
Leontodon pyrenaicus	1280 »
Potamogeton polygonifolius	1280 »
Allium Victoriale	1250 »
Aconitum Napellus	1250 »
Saxifraga rotundifolia	1250 »
Juncus trifidus	1240 »
Lycopodium inundatum	1200 »
— *Selago*	1200 »
Avena montana	1200 »
Eriophorum vaginatum	1200 »
Carex paniculata	1200 »
Geum rivale	1200 »

	Limites inférieures absolues
Sempervivum arachnoideum . . .	1200 m.
Epilobium palustre	1200 »
Circæa intermedia.	1200 »
Gentiana Pneumonanthe.	1200 »
Veronica saxatilis.	1200 »
Phyteuma hemisphæricum	1200 »
Arnica montana	1160 »
Pedicularis comosa	1180 »
Aspidium spinulosum	1150 »
Lycopodium clavatum.	1150 »
Alopecurus geniculatus	1150 »
Milium effusum	1150 »
Poa Chaixii	1150 »
— *violacea*	1150 »
Carex canescens	1150 »
Juncus filiformis	1150 »
Alsine laricifolia	1150 »
Mœhringia muscosa.	1150 »
Alopecurus pratensis	1100 »
Eriophorum angustifolium . . .	1100 »
Cœloglossum viride	1100 »
Trollius europæus	1100 »
Saxifraga Aizoon	1100 »
Menyanthes trifoliata	1100 »
Veronica scutellata	1100 »
Asperula odorata	1100 »
Campanula linifolia	1100 »
Achillea pyrenaica	1100 »
Festuca silvatica	1050 »
Circæa alpina.	1050 »
Sedum brevifolium	1050 »
Jasione perennis	1050 »

Il serait facile de tripler cette liste en y ajoutant les espèces qui, sans être strictement localisées dans l'étage supérieur, y trouvent leur plus grande extension.

Un domaine botanique aussi nettement défini par l'ensemble

de sa végétation, doit révéler des traits climatiques spéciaux. Les observations réunies à ce sujet montrent, en effet, que le climat de l'étage du hêtre diffère profondément de celui des étages moyen et inférieur. A l'abaissement de la température de l'air se joint une forte augmentation des précipitations et de l'humidité atmosphérique. La période de sécheresse s'y réduit à une quinzaine de jours en moyenne. Des brouillards fréquents enveloppent, même en été, la croupe de la montagne. L'Aigoual a en moyenne 29 jours de brouillard pendant les mois de juillet et août. La quantité absolue et la durée de la pluie sont très élevées (Aigoual 2175 mm. avec 147 jours pluvieux par an).

Il y a un parallélisme étroit entre l'étage climatique, étage des brouillards fréquents, et l'étage de végétation. L'étage du hêtre, *îlôt de végétation boréal,* correspond à un *îlôt climatique de caractère presque océanique.*

Le fond de la flore de cet îlot montagneux montre des affinités étroites avec la flore silvatique de l'Europe moyenne occidentale. Les forêts de hêtres alternent avec des pâturages à *Deschampsia flexuosa* et à *Nardus.* Les clairières sont envahies par le *Vaccinium Myrtillus* et le *Calluna. Erica cinerea* et *Genista purgans* décorent les pentes ensoleillées et rocheuses de leurs innombrables fleurs. Autour des habitations, très clairsemées, se voient quelques maigres champs de seigle ou de pommes de terre. L'irrigation, trop souvent négligée, produit un foin de première qualité, qui pourrait certainement nourrir un nombre bien plus élevé de bovidés.

L'exploitation pastorale par le mouton joue malheureusement le principal rôle dans l'économie de l'étage supérieur. A part quelques troupeaux appartenant aux gens du pays, les pelouses de l'Aigoual nourrissent chaque été plusieurs milliers de moutons transhumants venus des districts viticoles du bas Languedoc, surtout des environs de Montpellier. Les troupeaux arrivent dans la seconde quinzaine de juin par la « grande draille » qui touche Saint-Martin-de-Londres — Ganges — Pont d'Hérault — La Terisse ; ils restent jusqu'au début d'octobre. Il y a peu d'années on comptait encore dans notre massif plus de 20,000 moutons à l'estivage. Le lait produit par les brebis est transformé en fromage dans la ferme même, ou vendu aux froma-

geries qui travaillent pour le compte des maisons de Roquefort.

Dans beaucoup de cas, le propriétaire du sol n'habite pas le pays. Le fermier, simple locataire, ne voit pas d'intérêt à le ménager et à l'améliorer ; il en tire tout ce qu'il peut lui prendre sans jamais rien lui rendre. Le résultat inévitable est une dépréciation progressive et la ruine totale de la terre. Nous n'avons qu'à rappeler l'exemple déjà cité du domaine de Piélong.

L'administration forestière rachète, à beaux deniers, ces terrains ruinés et les reboise méthodiquement. Une surface de près de 10,000 hectares a déjà été ainsi restaurée dans les bassins supérieurs de l'Hérault et de la Dourbie. On peut espérer que dans un avenir peu éloigné l'œuvre patiente conduite pendant plus de trente ans par l'éminent forestier Georges Fabre sera achevée et que l'Aigoual aura de nouveau revêtu son manteau continu de forêts, source de richesses et condition de sécurité pour le beau pays cévenol.

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE PHYSIQUE

tenue à Genève le 14 septembre 1915

Président : M. le prof. C.-E. Guye (Genève).
Secrétaire : M. le Dr Schidlof (Genève).

A. Hagenbach et W. Rickenbacher (Bâle). — *Comparaison entre les mesures optiques et électriques de l'épaisseur des lames de savon.*

Les présentes recherches sur la conductibilité électrique de lames de savon ont été effectuées par une méthode exposée dans les *Archives* (t. XXIV (4), p. 329, 1913) par l'un de nous. Deux sondes en platine, plongées dans une lame de savon en rotation horizontalement, servaient à la détermination de la résistance électrique. En même temps l'épaisseur était mesurée optiquement aux électrodes.

On a employé les quatre groupes de solutions suivantes :

Solutions A : Oléate de soude + eau.

Solutions B : Oléate de soude + 3 % en poids de nitrate de potasse + eau.

Solutions C : Oléate de soude + glycérine (20 % du poids de l'eau) + eau.

Solutions D : Oléate de soude + 3 % en poids de nitrate de potasse + glycérine (10 % du poids de l'eau) + eau.

Pour chaque groupe, on employait trois solutions contenant de l'oléate en proportion de $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{60}$ et $\frac{1}{80}$ du poids de l'eau, en tout donc douze solutions différentes.

Comme intéressantes, il convient d'abord de mentionner les mesures faites dans le noir optique.

Le tableau suivant, contenant les épaisseurs mesurées électriquement en $\mu\mu$, montre que la concentration de l'oléate de soude a une influence à peine mesurable sur l'épaisseur. Les valeurs moyennes, comparées avec les valeurs obtenues optiquement par Reinhold et Rücker, montrent qu'en général il y a concordance entre les épaisseurs mesurées électriquement et optiquement. Les valeurs des solutions A semblent un peu plus grandes; cependant, la valeur trouvée par Reinhold et Rücker [1] devrait être encore contrôlée. Pour la solution D_{80}, nous trouvons une valeur de 7,3 ; ici, on est parvenu à mesurer le second noir, et cette valeur moitié moins grande concorde avec la valeur 6 donnée par Johonnot [2] pour le second noir.

Nous pouvons donc dire que, dans le premier et le second noir, les épaisseurs mesurées optiquement et électriquement coïncident.

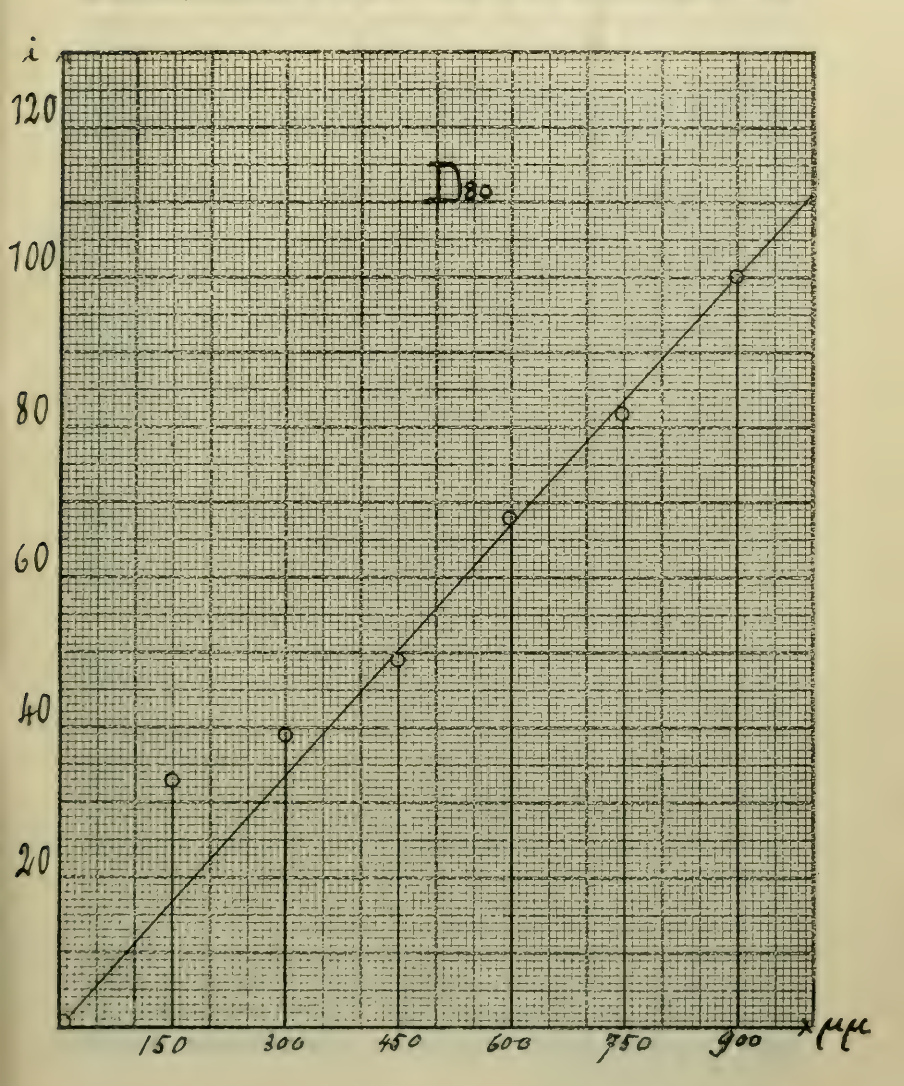
On peut s'attendre à un résultat semblable pour les épaisseurs

Solution	Concentration de l'oléate de soude			Moyenne	Mesures optiques de Reinhold et Rücker
	1 : 40	1 : 60	1 : 80		
A	39,0	49,1	37,0	41,6	27,0
B	15,0	11,8	12,0	12,9	12,0
C	22,8	23,1	22,5	22,8	27,0
D	13,2	13,5	—	13,3	10,7
					Johonnot, 2e noir
	—	—	7,3	7,3	6,0

[1]) A. W. Reinhold et A. W. Rücker, cf. indications bibliographiques dans le travail cité de A. Hagenbach.

[2]) Johonnot, *Phil. mag.*, 1899, t. XLVII (5), p. 501.

relativement grandes, et on trouve en général cette hypothèse confirmée pour les épaisseurs au-dessus de 300 μμ. Entre 300 μμ et le noir, c'est-à-dire dans le domaine des anneaux de Newton



du premier ordre, l'épaisseur mesurée électriquement est toujours trop forte, quelquefois même vers 150 μμ, on trouve le double de celle mesurée optiquement. Les lames A offrent ce phénomène

d'une manière particulièrement marquée. La relation entre les épaisseurs électrique et optique est bien mise en évidence par la figure, page 331, qui concerne la couche D_{80}. En ordonnée, on a porté la conductibilité entre les sondes, c'est-à-dire les épaisseurs électriques, et en abcisse les épaisseurs optiques (anneaux dans la lumière de Na). Le domaine des trop grandes conductibilités a été déterminé pour toutes les solutions étudiées, mais diffère beaucoup d'un cas à l'autre. Ce fait a déjà été mentionné dans les travaux antérieurs.

On peut expliquer ceci en admettant que la concentration dans la couche superficielle s'accroît vers le volume intérieur. Tant que le volume intérieur est grand par rapport à la surface, la conductibilité apparaît normale ; plus la lame est mince, plus la grande conductibilité des couches superficielles prédomine.

Si, par contre, le volume intérieur disparaît (tache noire), la masse dissoute en trop à la surface disparaît aussi et le nombre d'ions redevient normal ; il en est de même de la conductibilité. Selon Gibbs, ceci est en corrélation avec le fait que la tension superficielle décroît lorsque la concentration croît.

L. DE LA RIVE. — *Sur le mouvement relatif de l'éther par rapport à la terre* (voir ci-dessus p. 273).

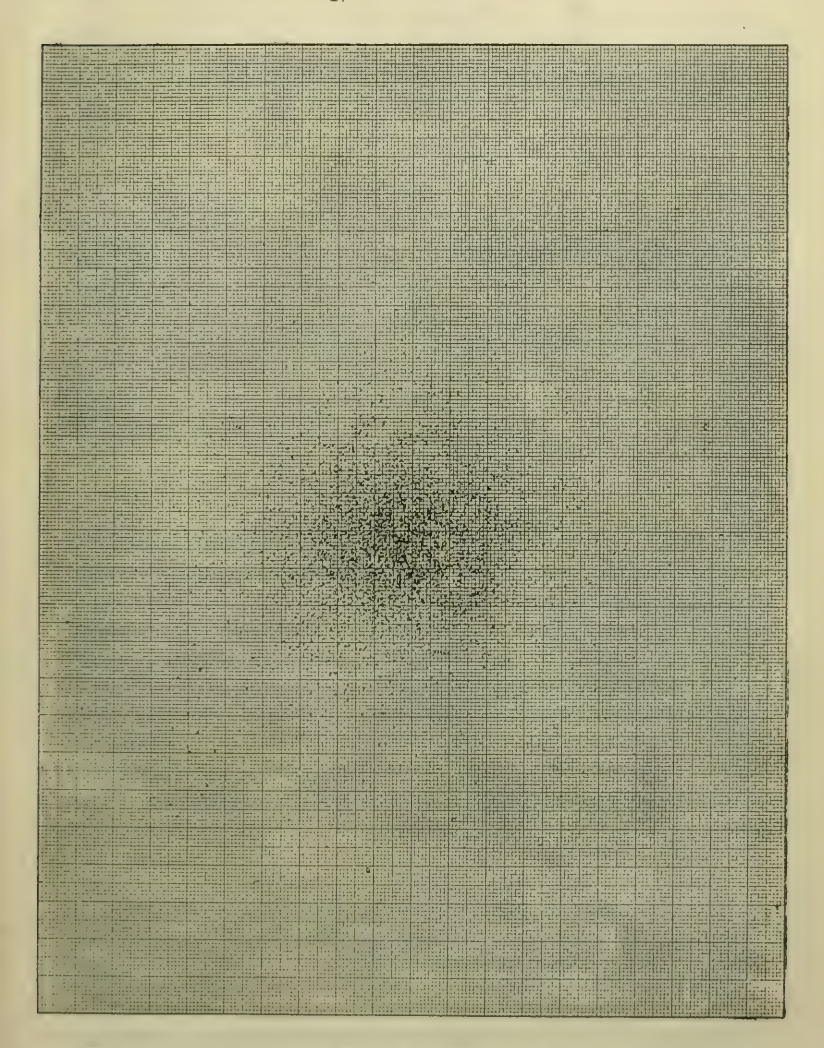
Ed. GUILLAUME (Berne). — *Sur l'impossibilité de ramener à une probabilité composée la loi des écarts à plusieurs variables.*

L'auteur montre d'abord un petit appareil permettant de tracer rapidement, sur une feuille de papier, un grand nombre de points répartis suivant la loi des écarts à deux variables indépendantes, comme les points d'impact sur une cible. L'appareil se compose d'un entonnoir à axe vertical, maintenu au-dessus d'un certain nombre de grilles horizontales superposées. Sous les grilles, à une certaine distance, on place une feuille de papier millimétré et, sur cette feuille, une feuille de papier carbone. En introduisant dans l'entonnoir de la grenaille de plomb, les grains s'écoulent verticalement, traversent successivement les grilles superposées, ce qui les disperse, et tombent finalement sur le papier carbone en faisant une marque sur le papier millimétré. Lorsqu'un grand nombre N de grains sont tombés, celui-ci offre une image très nette de la répartition des points d'impact (Voir la figure de la page 333).

Le papier millimétré permet de diviser facilement le plan en un grand nombre de petites cases carrées identiques, de côtés $\Delta x = \Delta y = \varepsilon$. La probabilité pour qu'un des grains, désigné à l'avance, soit tombé sur une case de coordonnées x_0, y_0 et de

surface ε^2, est, approximativement, en appelant n le nombre des grains tombés dans cette case, et A et a deux constantes caractéristiques de l'appareil :

$$\frac{n}{N} = A^2 e^{-a(x_0^2 + y_0^2)} \varepsilon^2 .$$



Cette probabilité peut se décomposer en un produit de deux autres probabilités : $Ae^{-ax_0^2}\varepsilon$ et $Ae^{-ay_0^2}\varepsilon$. Par exemple, $Ae^{-ax_0^2}\varepsilon$ est la probabilité pour que le point ait une abcisse comprise entre

x_0 et $x_0 + \varepsilon$, autrement dit, soit tombé dans une bande (x_0, y) de largeur ε, formée par toutes les cases d'abcisse x_0, et parallèle à l'axe des y. Si n_1 est le nombre de grains tombés dans cette bande, on aura :

$$Ae^{-ax_0^2}\varepsilon = \frac{n_1}{N} .$$

On aura de même pour les grains tombés dans la bande (x, y_0) parallèle à l'axe des x à la distance y_0 :

$$Ae^{-ay_0^2}\varepsilon = \frac{n_2}{N} .$$

Or, on ne peut traiter $Ae^{-ax_0^2}\varepsilon$ et $Ae^{-ay_0^2}\varepsilon$ comme deux *probabilités indépendantes*, car il y a une *liaison géométrique qui n'apparaît pas analytiquement :* la répartition des points dans une bande, par exemple (x_0, y), dépend de la répartition des points de toutes les bandes qui lui sont perpendiculaires, en particulier de la bande (x, y_0). Les grains n_1 et n_2 ne pourraient donc faire l'objet de *deux* tirages dans une urne. Le fait qu'il peut y avoir liaison géométrique sans liaison analytique a déjà été entrevu par Poincaré ([1]).

Ch.-Eug. Guye et Ch. Lavanchy. — *Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein par les rayons cathodiques de grande vitesse* ([2]).

Un petit nombre seulement des déterminations effectuées sur les rayons β et sur les rayons cathodiques ont permis d'aborder la discussion des diverses formules représentant la variation de l'inertie en fonction de la vitesse ([3]). Bien que ces expériences aient été généralement interprétées en faveur de la théorie de Lorentz-Einstein, leur précision a fait souvent l'objet de sérieuses critiques, particulièrement pour celles d'entre elles qui paraissaient vérifier cette théorie avec le plus d'exactitude dans le cas des rayons cathodiques ([4]).

[1]) Voir H. Poincaré, *Dernières pensées*, p. 64, et Ed. Guillaume, La Théorie des probabilités et la Physique, *Archives*, 1914, t. XXXVIII, p. 373, et 1915, t. XXXIX, p. 205 et 302.

[2]) Ce travail a été présenté à la séance de l'Académie des Sciences de Paris du 12 juillet 1915.

[3]) Ce sont principalement les expériences de Kaufmann, de Bucherer et de Neumann sur les rayons *β* du radium; celles de Hupka et celles de C.-E. Guye et S. Ratnowsky sur les rayons cathodiques.

[4]) W. Heil, Discussion der Versuche über die träge Masse bewegter Elektronen, *Ann. der Physik*, 1910, t. XXXI, p. 519.

Ces considérations nous ont engagés à entreprendre une nouvelle série de mesures sur les rayons cathodiques par la méthode des *trajectoires identiques,* expérimentée antérieurement ([1]).

Cette méthode conduit, comme on sait, aux deux relations

$$\frac{\mu'}{\mu} = \frac{VI'^2}{V'I^2}, \tag{1}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{V'I}{VI'}, \tag{2}$$

dans lesquelles μ' et v' sont la masse transversale et la vitesse des rayons cathodiques étudiés ; μ et v les mêmes grandeurs pour les rayons de comparaison ; V', V, I et I' désignent les différences de potentiel et les intensités de courant qui produisent les champs électriques et magnétiques déviants.

A ces deux relations, qui donnent le rapport des masses et le rapport des vitesses, il faut ajouter la relation

$$U\varepsilon = \frac{1}{2}(\mu)v^2 \tag{3}$$

permettant de déterminer la valeur absolue de v si l'on connaît le potentiel de décharge U et le rapport $\frac{\varepsilon}{(\mu)}$ dans les diverses hypothèses; (μ) étant la masse cinétique ([2]).

Les relations (1), (2) et (3) permettent alors de comparer les résultats de l'expérience à ceux donnés pour les mêmes vitesses par les diverses formules proposées ([3]).

Le tableau ci-après résume nos expériences ; il résulte des mesures effectuées sur 150 clichés, comprenant environ 2000 déterminations.

On voit, par ce tableau, que *la formule de Lorentz-Einstein sur la variation de l'inertie en fonction de la vitesse se trouve vérifiée avec une très grande exactitude par l'ensemble de nos mesures.*

La répartition à peu près indifférente des écarts positifs et négatifs, jointe au grand nombre des déterminations effectuées, semble bien indiquer que la formule de Lorentz-Einstein représente une

[1]) C.-E. Guye et S. Ratnowsky, *Comptes rendus,* 1910, t. CL, et *Arch. des Sc. phys.,* avril 1911 (Mémoire complet).

[2]) Il importe de remarquer que la formule (3) n'est utilisée que pour des rayons de faible vitesse (U = 14.000 volts); il en résulte que la valeur de v ne dépend que très peu de l'hypothèse choisie (voir tableau).

[3]) Voir pour ce calcul C.-E. Guye et S. Ratnowsky, *loc. cit.*

Théorie de Lorentz-Einstein				Théorie d'Abraham			
β [1]	$\frac{\mu'}{\mu_0}$		Δ	β	$\frac{\mu}{\mu_0}$		Δ
	observé	théorique			observé	théorique	
(0,2279)	—	(1,027)	—	(0,2286)	—	(1,021)	—
0,2581	1,041	1,035	+ 0,006	0,2588	1,035	1,027	+ 0,008
0,2808	1,042	1,042	± 0,000	0,2816	1,036	1,033	+ 0,003
0,3029	1,046	1,049	− 0,003	0,3038	1,040	1,039	+ 0,001
0,3098	1,048	1,052	− 0,004	0,3107	1,042	1,040	+ 0,002
0,3159	1,054	1,054	± 0,000	0,3168	1,048	1,042	+ 0,006
0,3251	1,059	1,058	+ 0,001	0,3260	1,053	1,045	+ 0,008
0,3302	1,063	1,060	+ 0,003	0,3311	1,057	1,047	+ 0,010
0,3356	1,060	1,062	− 0,002	0,3365	1,054	1,049	+ 0,005
0,3433	1,066	1,065	+ 0,001	0,3443	1,060	1,051	+ 0,009
0,3462	1,065	1,066	− 0,001	0,3472	1,059	1,053	+ 0,006
0,3551	1,070	1,069	+ 0,001	0,3561	1,064	1,055	+ 0,009
0,3630	1,067	1,073	− 0,006	0,3640	1,061	1,058	+ 0,003
0,3813	1,079	1,082	− 0,003	0,3824	1,072	1,065	+ 0,007
0,3894	1,085	1,086	− 0,001	0,3905	1,078	1,069	+ 0,009
0,3972	1,091	1,090	+ 0,001	0,3985	1,084	1,072	+ 0,012
0,4044	1,096	1,094	+ 0,002	0,4055	1,089	1,074	+ 0,015
0,4097	1,101	1,096	+ 0,005	0,4108	1,094	1,077	+ 0,017
0,4147	1,100	1,099	+ 0,001	0,4159	1,093	1,079	+ 0,014
0,4186	1,100	1,101	− 0,001	0,4198	1,093	1,080	+ 0,013
0,4270	1,110	1,106	+ 0,004	0,4282	1,103	1,084	+ 0,019
0,4382	1,114	1,112	+ 0,002	0,4394	1,107	1,089	+ 0,018
0,4468	1,120	1,117	+ 0,003	0,4481	1,113	1,093	+ 0'020
0,4591	1,122	1,126	− 0,004	0,4604	1,115	1,099	+ 0,016
0,4714	1,137	1,134	+ 0,003	0,4727	1,130	1,105	+ 0,025
0,4829	1,139	1,142	− 0,003	0.4842	1,132	1,111	+ 0,021

loi exacte et que des déterminations, même individuellement plus précises, ne parviendraient pas aisément à la mettre à défaut. Le détail des mesures et des calculs, ainsi que la discussion des résultats, seront publiés ultérieurement.

J. de Kowalski. — *Sur le rayonnement de l'étincelle oscillante.*

L'étude de la décoloration d'une solution aqueuse violet-méthyl

[1]) β désigne le rapport de la vitesse des rayons cathodiques à celle de la lumière.

due à la formation de l'eau oxygénée par le rayonnement émis par une étincelle oscillante a permis à l'auteur de montrer que cette formation est due à l'action d'un rayonnement de très courte longueur d'onde.

Le rayonnement possède la propriété d'être fortement absorbé par l'eau, presque pas du tout par l'air et très peu par le quartz.

Comme l'eau n'absorbe presque pas l'ultra-violet d'une longueur d'onde plus grande que 0,220 μ et absorbe 62 % de l'énergie des rayons étudiés, les rayons doivent alors correspondre à une longueur d'onde plus courte que 0,200 μ.

Ce ne sont pas des rayons Schumann, puisqu'une couche de l'air de quelques millimètres absorbe ces derniers complètement, et l'auteur a pu observer une action non diminuée à une distance de 40 cm. de la source.

Les rayons pourraient donc correspondre soit à une longueur d'onde entre 0,200 μ et 0,180 μ ou être des rayons correspondant à une longueur d'onde plus courte que 0,090 μ, rayons dont la présence dans l'étincelle oscillante était rendue vraisemblable par les recherches de Lenard [1].

Cette dernière hypothèse semble la plus probable, vu que le rayonnement de l'aluminium de $\lambda = 0,180\ \mu$ est fortement absorbé par le quartz; l'auteur, par contre, n'a pas observé une absorption appréciable par ce corps.

La première question que l'auteur s'est posée était de savoir si ces rayons sont ceux émis par le métal des électrodes entre lesquelles l'étincelle jaillissait. La réponse fut positive.

Voici la liste des métaux employés comme électrodes et la valeur relative de l'intensité du rayonnement :

Tableau I

Métal	Insensité de rayonnement	Métal	Intensité de rayonnement
Al	100	Fe	45
Zn	»	Wo	47
Ni	64	Sn	34
Cu	60	Mg	15

Des expériences ont été faites pour déterminer de quelle façon dépend l'intensité du nouveau rayonnement des conditions élec-

[1] Lenard et Ramsauer, Le Radium, t. VIII, 1911, p. 115.

triques du courant oscillant. Les mesures sont représentées dans le tableau suivant :

TABLEAU II

Influence de la fréquence des étincelles et de la période d'oscillation
(Distance explosive 2 × 11 mm. Electrodes Al × Invar.)

	C	λ	n	T	q en %
1	0,02	285	12	210	$38{,}0 \cdot 10^{-3}$
2	»	»	36	60	37,0 »
3	»	»	48	40	36,0 »
4	»	»	60	30	31,0 »
5	»	2250	12	240	28,8 »

TABLEAU III

Influence de la capacité
(Distance explosive 2 × 11 mm. Electrodes Al × Invar.)

C	n	q en %	q/c.
0,0892	10	0,177	1,98
0,0727	»	0,142	1,95
0,0588	»	0,114	1,94
0,0447	»	0,087	»
0,0307	»	0,059	1,93

Dans ces tableaux, C signifie la capacité des condensateurs en MF ; λ la longueur d'onde du circuit oscillant en mètres ; n le nombre d'étincelles par seconde ; T le temps d'exposition de la substance indicatrice décolorée par les rayons ; q la quantité décolorée de la substance indicatrice.

On peut résumer les résultats suivants :

1. Les étincelles électriques oscillantes entre électrodes métalliques émettent un rayonnement peu absorbable par l'air, très absorbable par l'eau et peu absorbable par le quartz.

2. Il est probable que ce rayonnement est analogue au rayonnement qu'a trouvé Lenard pour l'étincelle jaillissante entre électrodes, en employant une grande capacité du circuit de décharge d'aluminium, soit de longueur d'onde plus courte que 0,090 μ.

3. La méthode employée a permis de déceler ce rayonnement avec des capacités relativement petites.

4. L'intensité spécifique de ce rayonnement croît avec l'augmentation de la capacité ; ainsi que l'on peut, en première approximation, admettre que dans les limites de l'expérience, l'énergie de ce nouveau rayonnement est proportionnelle à la capacité du circuit oscillant.

5. L'intensité spécifique diminue avec le nombre d'étincelles par seconde et diminue aussi si l'on augmente la longueur d'onde en intercalant une selfinduction dans le circuit oscillant.

A. Schidlof. — *Recherches récentes sur la charge de l'électron et sur la valeur du nombre d'Avogadro.*

Le désaccord entre les valeurs du nombre d'Avogadro résultant des expériences de M. Perrin et de celles de M. Millikan, aggravé par le fait que M. Ehrenhaft nie l'existence de la charge élémentaire, exige une explication. L'étude de la volatilisation des gouttes de mercure pur, faite par M. Targonski, sur l'instigation de l'auteur qui a découvert ce phénomène en collaboration avec M. Karpowicz, ainsi que les recherches de M. Targonski sur des particules produites par pulvérisation du mercure dans l'arc voltaïque (procédé Ehrenhaft) ont mis en évidence des différences profondes entre ces deux espèces de petits corps. Les gouttes de mercure pur sont volatiles, mais elles se conforment à toutes les lois admises, tandis que les particules de M. Ehrenhaft sont invariables et en contradiction, pour le reste, avec tout ce qui a été établi jusqu'à ce jour. Les particules de M. Ehrenhaft ne peuvent pas être des sphérules de mercure, puisqu'elles ne se comportent pas comme telles.

La valeur de la charge de l'électron qui résulte des expériences faites avec des gouttes de mercure pur est $4{,}82 \cdot 10^{-10}$ unités électrostatiques (Schidlof et Karpowicz) et $4{,}68 \cdot 10^{-10}$ (Targonski). Ce résultat, qui s'accorde bien avec la valeur indiquée par l'auteur en collaboration avec Mlle Murzynowska et avec le chiffre qu'a trouvé M. Millikan, permet d'affirmer que la vraie valeur du nombre d'Avogadro doit être placée entre 6,0 et $6{,}2 \cdot 10^{23}$. L'étude du mouvement brownien des sphérules suspendues, soit dans un gaz, soit dans un liquide, fournit une valeur beaucoup plus grande, quelle que soit d'ailleurs la méthode employée, à la seule exception des expériences de M. Fletcher, faites dans l'air sous une pression réduite.

Même si on adopte le chiffre sus-indiqué pour le nombre d'Avogadro, la valeur de la charge de l'électron qui résulte de l'observation du mouvement brownien dans un gaz à la pression ordinaire est beaucoup trop faible.

Il est possible que les lois théoriques du mouvement brownien

ne sont pas rigoureusement exactes et ne se rapprochent de la vérité que si le libre parcours moyen des molécules du gaz est grand en comparaison du rayon des sphérules (voir la note de M. Targonski).

Pour l'instant, on pourrait également admettre que les observations sont troublées par des causes d'erreur accidentelles qui superposent leur effet au mouvement brownien. Si ces causes d'erreur sont suffisamment nombreuses et irrégulières, leur répartition obéira à la loi du hasard. L'anomalie observée sur la valeur du nombre d'Avogadro s'expliquerait si l'importance de la perturbation supposée était la même pour toutes les sphérules, tandis que celle du véritable mouvement brownien augmente avec la mobilité des particules.

Nous émettons ces hypothèses sous toute réserve; l'expérience seule peut apporter des éclaircissements.

A. Targonski. — *La question des sous-électrons; le mouvement brownien dans les gaz.*

MM. Schidlof et Karpowicz avaient remarqué que les très petites particules de mercure, dont on observait le mouvement à l'intérieur d'un condensateur (méthode Ehrenhaft-Millikan de la détermination de la charge élémentaire), diminuaient constamment. Un examen plus approfondi du phénomène a permis à l'auteur d'établir ce qui suit :

La diminution de la masse par unité de surface et de temps est à peu près constante pour une même particule, mais varie d'une particule à l'autre : à côté de particules très peu variables, on en rencontre qui perdent jusqu'à 15 % de leur masse en une minute. La pureté du mercure exerce une très grande influence sur le phénomène : en moyenne, les particules de mercure distillé perdent deux fois plus que celles de mercure amalgamé; en outre, les particules positivement chargées sont moins stables que celles qui portent des charges négatives, ce qui s'explique en partie par le fait que plus le mercure est pur, plus il est enclin à se charger positivement. Toute impureté modifiant surtout la surface des particules et les propriétés capillaires des liquides dépendant du signe de la charge, on est amené à croire que ce sont les propriétés de la surface qui déterminent la marche du phénomène. On trouve que la quantité de mercure perdue par les particules est proportionnelle à leur surface, en moyenne $3{,}5 \times 10^{-8}$ gr. par cm^2 et par seconde; pour des particules qui restent immobiles, la perte devient en moyenne 1,7 fois plus petite. Si la perte de masse excède une certaine limite (environ 2×10^{-8} gr. par cm^2 et seconde), le phénomène se complique : non seulement la masse

de la particule diminue, mais aussi sa densité moyenne change, ce qui se traduit par une diminution apparente de la charge. On peut évaluer à 1/2 % en moyenne la diminution de la densité par minute. La cause probable de ces phénomènes réside non pas dans une évaporation des particules, mais dans leur désagrégation graduelle sous l'action du bombardement moléculaire. Il y a lieu de croire que le même phénomène se produit pour toutes les particules liquides, mais avec une intensité plus ou moins grande suivant la nature (probablement suivant la *viscosité*) du liquide.

Du nombre total de 248 charges observées sur des particules de mercure, pas une ne différait notablement de la valeur de la charge élémentaire observée par M. Millikan. On trouve en moyenne $e = 4{,}675 \times 10^{-10}$. La valeur de la constante A de la formule de Cunningham a été trouvée égale à : A = 0,87.

Si l'on pulvérise le mercure dans l'arc voltaïque (méthode de M. Ehrenhaft), on obtient des particules dont les propriétés sont complètement différentes de celles des sphérules pulvérisées mécaniquement, leurs masses et leurs densités sont parfaitement stables ; les charges élémentaires varient d'une particule à l'autre, sont inférieures au nombre de Millikan (sous-électrons) et dépendent du rayon ; les résultats des calculs faits au moyen de la formule de Stokes-Cunningham et ceux calculés d'après le mouvement brownien ne concordent pas ; les mobilités des particules (vitesse d'une particule sous l'influence d'une force égale à l'unité) décroissent avec les rayons, contrairement à la théorie. Il est donc impossible d'admettre que ces deux genres de particules appartiennent à un même corps. La pulvérisation mécanique ne pouvant modifier les propriétés d'un liquide (ce qui d'ailleurs a été confirmé par la mesure de la densité des particules pulvérisés mécaniquement), on est obligé de conclure que les particules produites dans l'arc ne sont pas des sphérules de mercure. Une mesure directe a permis d'établir que ces particules, en partie au moins, sont composées d'une substance dont la densité est inférieure à 7,3. Si on calcule les charges de ces particules, en supposant leur densité égale à celle du mercure, on arrive nécessairement aux résultats de M. Ehrenhaft, en contradiction avec les résultats obtenus par d'autres expérimentateurs. Mais, si l'on calcule la charge élémentaire d'après le mouvement brownien, on trouve que les données des différents observateurs ne s'écartent pas plus de 12 % de la moyenne (observations de MM. Millikan, Fletcher, Schidlof et Mlle Murzynowska, MM. Weiss, Przibram, Ehrenhaft, Konstantinowsky, Mlle Vogl et de l'auteur). La méthode du mouvement brownien étant très peu précise, on en conclut que la charge élémentaire est une constante et ne dépend pas du rayon des particules.

La charge élémentaire déterminée au moyen du mouvement brownien ($e = 3,5 \times 10^{-10}$) est de beaucoup inférieure à celle qu'on trouve d'après la méthode de Ehrenhaft-Millikan ($e = 4,7 \times 10^{-10}$). Signalons le fait que la mobilité calculée est toujours plus grande qu'elle ne devrait l'être : les écarts de la moyenne que montrent les durées de chutes observées sont dûs non seulement au mouvement brownien, mais aussi à l'erreur personnelle de l'observateur et à d'autres agents encore inconnus. Cela se manifeste par un léger écart entre les répartitions qui résultent de la théorie et celles qui ont été observées pour les différentes vitesses de la particule : le nombre des plus grands écarts est presque toujours trop grand. La mobilité apparente est augmentée par l'influence de la vitesse propre de la particule et par sa charge (les particules immobiles et non chargées de M. Perrin fournissent une valeur de la charge élémentaire plus élevée que celle trouvée par d'autres qui ont observé le mouvement visible des particules chargées). On trouve des valeurs plus satisfaisantes si on étudie le mouvement brownien dans un gaz raréfié (Fletcher) ou bien si on observe des particules très petites. Il semble donc que la théorie du mouvement brownien dans son état actuel n'est applicable que si le rayon de la particule est petit en comparaison du chemin moyen des molécules du gaz environnant. Si cette condition est satisfaite, les valeurs de la charge élémentaire calculées d'après le mouvement brownien coïncident avec les résultats des observations, d'après la méthode de Ehrenhaft-Millikan. On est ainsi conduit à supposer que la théorie du mouvement brownien ne s'appliquerait rigoureusement qu'aux phénomènes moléculaires mêmes.

A. Piccard (Zurich) et E. Cherbuliez (Zurich). — *Une nouvelle méthode de mesure pour l'étude des corps paramagnétiques en solution très étendue.*

Le coefficient d'aimantation moléculaire d'un sel paramagnétique en solution est fonction, dans beaucoup de cas du moins, de la concentration de la solution. Si la concentration diminue de plus en plus, le coefficient d'aimantation tend vers une limite déterminée qui est le coefficient d'aimantation du sel entièrement ionisé. Au point de vue théorique, ce dernier coefficient présente souvent le plus d'intérêt. Les nombres entiers par exemple, dont traite la théorie des magnétons ne peuvent être rencontrés que si tous les atomes se trouvent magnétiquement dans les mêmes conditions. La mesure du coefficient d'aimantation d'un sel paramagnétique dissout devient de plus en plus difficile à mesure que la concentration diminue, parce que l'effet mécanique exercé par

l'aimant sur l'ensemble des molécules paramétriques devient très faible, tandis que celui qui est exercé sur le dissolvant reste à peu près constant. Cet effort se mesure dans les tubes à ascension par une dénivellation qu'on peut déterminer, en prenant toutes les précautions possibles, avec une erreur d'à peu près 0,001 mm., tandis que la dénivellation entière subie par un des dissolvants ordinaires (par exemple l'eau, pour laquelle $\chi = - 0,72 \cdot 10^{-6}$) est de l'ordre de grandeur de 2 mm.

Nous nous sommes proposé de chercher un procédé qui permette l'étude des corps paramagnétiques dans les solutions très diluées, là où le tube à ascension fait défaut, et nous croyons avoir reculé la limite du domaine explorable dès maintenant vers des concentrations qui sont dix à cent fois plus faibles qu'avec l'ancien tube à ascension.

La nouvelle méthode dérive d'une part de celle qui a été employée pour la mesure des gaz diamagnétiques, décrite ce printemps à la Société suisse de physique ([1]), d'autre part du manomètre différentiel : un tube circulaire contient dans sa moitié inférieure la solution en question, dans sa moitié supérieure le dissolvant à l'état pur. Nous avons ainsi dans la colonne de liquide deux surfaces de séparation horizontales où les deux liquides se touchent sans trop se mélanger. La partie du tube contenant l'une des deux surfaces est placée dans l'entrefer d'un électro-aimant ; la partie du tube contenant l'autre surface est fixée sur la tablette d'un cathétomètre pour être mobile dans le sens vertical. La circulation du liquide est rendue visible par un microscope pointant de petits corps solides flottant dans le liquide à une place où le tube est capillaire. On fait varier la position du tube mobile jusqu'à ce que l'on observe l'immobilité du liquide. Cette opération, qui se fait en moins d'une minute, est répétée plusieurs fois pendant que l'aimant est excité et pendant qu'il ne l'est pas. La différence de hauteur dans les deux positions est ce que nous appellerons l'ascension magnétique de la solution par rapport au dissolvant. Si l'on connaît encore l'intensité du champ, les densités des deux liquides, le coefficient d'aimantation du dissolvant et la concentration de la solution, on peut facilement calculer le coefficient d'aimantation du corps dissout.

Cette méthode présente plusieurs avantages : 1° Le tube ne contenant que des liquides pouvant se mélanger, on est affranchi complètement des tensions capillaires qui, dans les anciens tubes, avaient rendu très difficile d'atteindre la sensibilité de 0,001 mm. 2° La mesure nous donne *directement* la différence de susceptibilité de la solution et du dissolvant, au lieu de donner, comme toutes

[1] A. Piccard et E. Bonazzi, *Archives,* mai 1915, p. 449.

les anciennes méthodes, les susceptibilités des deux liquides séparément. On obtient donc le coefficient d'aimantation avec la même exactitude relative que la hauteur mesurée. 3° La sensibilité de l'instrument est bien supérieure à celle du tube d'ascension simple. Une pression de 0,00001 mm. d'eau, par exemple, produit un déplacement des flotteurs qui est encore visible. 4° Les ascensions deviennent beaucoup plus grandes qu'avec le tube simple, ce qui facilite les lectures au kathétomètre (si ces ascensions deviennent trop grandes, on peut facilement les réduire en augmentant la différence de densité entre les deux liquides par l'addition d'un sel peu magnétique à l'un d'eux).

Nous avons pu nous rendre compte du bon fonctionnement de l'appareil en faisant les expériences suivantes :

Une solution de bichromate de potasse d'une concentration de 1,5 pour mille a été introduite dans la moitié inférieure du tube, la moitié supérieure étant remplie d'eau pure. Ces deux liquides ont une différence de densité de juste 1 pour mille. L'ascension mesurée a été de + 1,3 mm. Les différentes lectures ne s'écartaient que de quelques centièmes de millimètre. Dans un des anciens tubes, la différence d'ascension entre l'eau pure et la solution aurait été mille fois plus petite, donc 0,0013 mm. Toute l'influence du bichromate n'aurait donc pas dépassé la limite des erreurs d'observation. Nous avons ensuite examiné une solution de bichromate cinq fois plus diluée. La différence de densité ayant diminué dans le même rapport que la différence des deux susceptibilités, nous avons obtenu à peu près la même ascension, à savoir 1,2 mm. Cette fois, la précision de la mesure était naturellement plus petite, puisque l'effort mesuré n'était plus que celui d'une colonne d'eau de 0,00024 mm.

Ce travail a été exécuté à l'Institut de Physique de l'Ecole polytechnique fédérale.

A. Gockel. — *Sur le rayonnement pénétrant.*

Sur la demande de l'auteur, M. Kleinschmidt, à Friedrichshafen, a fait, à l'aide de l'appareil Wulf, des mesures sur le rayonnement pénétrant, à différentes profondeurs du lac de Constance. L'auteur lui-même a mesuré ce rayonnement sur les glaciers, dans les crevasses et les cavités glaciaires, ainsi qu'à d'autres endroits encore ; il a observé à Fribourg leurs variations diurnes et annuelles pendant plusieurs années et les a enregistrées pendant quelque temps.

Les résultats de ces recherches sont les suivants :

1. Une couche d'eau de 3,5 m. d'épaisseur ne suffit pas pour

observer tout le rayonnement (cosmique?) provenant de l'atmosphère.

2. Les observations sur les glaciers, de même que celles faites en ballon, montrent que le rayonnement pénétrant s'accroît avec l'altitude.

3. Sur les formations cristallines, le rayonnement est plus intense que sur le sol cultivé de formation diluviale.

4. Une variation diurne du rayonnement n'a pas été mise en évidence.

5. La part de rayonnement émise par le sol est plus forte par les temps chauds que par les temps froids.

6. Déjà à une altitude de 2200 m., le rayonnement provenant de l'atmosphère semble varier d'un jour à l'autre.

Il est désirable que les recherches aux sommets des montagnes soient poursuivies. Pour l'instant, il paraît prématuré de faire des hypothèses sur la nature de ce rayonnement, comme il résulte des calculs de von Schweidler.

M. le prof. Raoul PICTET a fait une communication sur de *nouvelles méthodes employées pour obtenir l'azote chimiquement pur ;* nous n'avons pas reçu le résumé relatif à ces recherches que l'auteur a exposées en détail dans son récent ouvrage sur l'oxygène et l'azote [1] auquel nous renvoyons nos lecteurs.

M. Ch.-Ed. GUILLAUME (Sèvres). — *Recherches métrologiques sur les aciers trempés.*

Les pièces des machines précises sont ajustées par comparaison avec des étalons à bouts, au moyen de micromètres à contact. Ces pièces étant le plus souvent en acier, il y a un grand avantage, au point de vue des dilatations, à faire les étalons dans le même métal. La trempe permet, de plus, de donner aux surfaces limitant les longueurs définies par les étalons, une dureté qui en évite l'usure.

Cette trempe intéresse soit de faibles épaisseurs à partir des surfaces de contact, soit toute la masse de l'étalon. Dans ce dernier cas surtout, l'instabilité de l'acier trempé oblige à des précautions particulières dans la confection et l'emploi des étalons.

Un morceau d'acier au carbone trempé et abandonné à lui-

[1]) Raoul Pictet, Evolution des procédés concernant la séparation de l'air atmosphérique en ses éléments l'oxygène et l'azote, Genève, 1914, Société Générale d'Imprimerie.

même se contracte à toute température, en tendant vers une longueur limite. La vitesse de contraction est fonction de la température actuelle ; à température constante, cette contraction se produit suivant une courbe voisine d'une exponentielle, mais qui n'est pas une exponentielle simple. D'ailleurs, le sens du mouvement se renverse au bout d'un certain temps, et la contraction se transforme en une extension lorsqu'on s'éloigne suffisamment de l'état initial. Cette particularité indique que, dans les phénomènes consécutifs à la trempe, se rencontrent au moins deux transformations distinctes.

Une barre trempée, puis étuvée par exemple à 100°, prend généralement, dans le cours du temps, une faible courbure, montrant que le taux de la contraction n'est pas le même sur toute sa surface ; le sens de la courbure indique un maximum et un minimum. Cette courbure pourrait faire croire que le phénomène est capricieux. Au contraire, si l'on compare les contractions maxima et minima, on constate qu'elles sont proportionnelles entre elles et obéissent ainsi aux mêmes lois, mais avec des coefficients un peu différents. Dans des barres mal trempées, les écarts peuvent atteindre un dixième.

La vitesse de la contraction initiale est une fonction exponentielle de la température actuelle, caractérisée par le fait que, lorsque la température s'élève de 20°, la vitesse devient sept fois plus forte. Cette vitesse est considérable : 2 à 3 microns par heure pour 1 mètre à 40°, pour une barre d'acier à 1,3 % C, bien trempée. Les vitesses aux autres températures se déduisent de cette dernière, en appliquant la loi exponentielle.

Lorsque la barre a subi un certain *étuvage*, la vitesse de contraction à toute température est plus ou moins réduite. Le rapport des vitesses aux températures inférieures à celle à laquelle on a pratiqué un étuvage prolongé, croît légèrement pour tendre vers le nombre 10, pour chaque intervalle de température de 20°.

Partant de cette donnée, on peut évaluer le degré de stabilité qu'il est possible de conférer à un étalon d'acier trempé. L'étuvage à 100° peut être poussé assez loin pour que le mouvement ne soit plus que de 1 micron par mètre en 100 heures. Aux températures ordinaires, ce mouvement ne sera plus que de l'ordre de 1 micron par siècle.

A ces mouvements progressifs se superposent, comme dans les verres, des mouvements passagers, caractérisés par le fait qu'à toute température, les dimensions de la pièce d'acier tendent vers une limite qui est fonction de cette température. Ainsi, une barre qui est à peu près stabilisée à 100°, se contracte encore de 4 à 5 microns par mètre si on la maintient à 40°. Au bout d'une centaine d'heures, le mouvement est pratiquement arrêté.

Un étalon d'acier trempé doit donc être stabilisé non seulement par une exposition prolongée à une température relativement élevée, 100° par exemple, mais encore par un stage à une température peu différente de celle de son emploi. La règle empirique permettant de calculer les longueurs définitives d'une barre à diverses températures est la suivante : Ces longueurs sont une fonction quadratique de la température, comptée à partir du zéro vulgaire. Ainsi, entre 0° et 20°, le mouvement sera égal à 4 $^0/_0$ de la variation totale entre 0° et 100°, soit de 0μ,2 pour une barre de 1 mètre, quantité négligeable dans l'immense majorité des cas.

Pensant que les variations de volume des aciers trempés avaient pour conséquence des changements du module d'élasticité, M. Guillaume engagea M. Paul Ditisheim à suivre la marche de chronomètres de marine dont le spiral était soumis à diverses actions thermiques. Les résultats obtenus étaient tels que permettait de les prévoir l'étude des variations de longueur. On peut en déduire quelques règles pratiques pour le traitement des spiraux ; de plus, ces constatations permettent d'expliquer certaines différences observées dans les actions des températures sur des chronomètres neufs ou ayant marché pendant quelques années.

Les changements de dimensions des aciers trempés rendent très difficile la mesure de leur dilatabilité, surtout dans la période initiale. On y parvient cependant en faisant des observations croisées et en corrigeant chaque résultat individuel conformément aux indications données par l'étude des changements avec le temps et avec la température.

La dilatabilité d'un acier au carbone trempé est toujours plus élevée que celle du même acier recuit. Mais la dilatation la plus élevée ne se produit pas dans l'acier trempé et vierge d'étuvage. Au contraire, elle s'élève encore sensiblement par un étuvage d'un certain nombre d'heures à 100°, passe par un maximum, puis redescend vers une valeur limite. L'étuvage n'est donc pas, pour toutes les propriétés des aciers trempés, une action inverse de la trempe et tendant seulement à la diminuer. Le phénomène est, en réalité, beaucoup plus complexe.

Les aciers autotrempants ordinaires présentent des phénomènes analogues à ceux qui affectent les aciers au carbone, mais de moindre amplitude. Certains aciers de composition peu usuelle éprouvent des variations de sens contraire. On peut donc espérer réaliser des aciers stables possédant une dureté élevée, et dont la dilatabilité soit sensiblement la même aux états trempé et recuit. Il en résulterait une grande sécurité dans l'emploi des étalons d'acier.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 5 mai 1915

E. Bugnion. L'anatomie du Lampyre.

M. le prof. E. Bugnion entretient l'assemblée de *l'anatomie du Lampyre* ou ver-luisant, insecte Coléoptère de la famille des Lampyrides.

Les vers-luisants qui brillent la nuit dans nos jardins sont, comme on le sait, le plus souvent des femelles. On peut dire sans risque de se tromper que, si la lumière est vive, il s'agit toujours d'une femelle adulte. Les mâles qui, à l'opposé des femelles, ont des ailes et des élytres et viennent souvent le soir s'abattre auprès des lampes, n'émettent qu'une luminosité très faible. Il en est de même des jeunes larves que l'on rencontre dans les prairies à dater du mois d'août. Au lieu des deux belles écharpes phosphorescentes qui caractérisent la femelle adulte, la larve n'a que deux petits lampions placés vers le bout du corps et qui, chose curieuse, s'éteignent brusquement au moment où l'on cherche à la saisir.

Tandis que le ver-luisant adulte ne prend que peu ou point de nourriture, le Lampyre du premier âge est au contraire des plus voraces. Son régime, exclusivement carnassier, consiste principalement en escargots de petite taille ou en petits limaçons. Choisissant d'ordinaire le moment où l'escargot est retiré dans sa coquille, le Lampyre (larve) s'introduit par l'ouverture et perçant avec ses mandibules la chair du mollusque, instille un violent poison à l'intérieur. Devenu flasque et inerte, désormais incapable de se mouvoir, l'escargot est non seulement anesthésié par l'effet de ce virus, mais encore, au bout de quelques heures, réduit en une

sanie demi-liquide. Expert liquéfacteur, le Lampyre « fluidifie » sa victime afin de s'abreuver plus à son aise.

Entrevus par Newport en 1857, ces faits remarquables ont plus récemment été exposés par J.-H. Fabre, de Sérignan, dans une de ses causeries si captivantes.

Fabre fait un pas de plus. Ayant examiné les pièces buccales au microscope, il décrit un canalicule qui traverse la mandibule d'un bout à l'autre. Il admet au surplus la présence d'une glande en rapport avec le dit canal et explique du même coup l'instillation du virus dans le corps de l'escargot.

La découverte de Fabre trouva tout d'abord M. Bugnion un peu sceptique. La structure du ver-luisant a, comme bien on pense, été étudiée déjà par bien des auteurs. Il faut nommer entre autres le Suédois de Geer, l'Anglais Newport, les entomologistes allemands Erichson et Kiesenwetter. Comment expliquer que, si vraiment il existe, le canal des mandibules n'ait été observé par aucun d'eux? Les ouvrages de zoologie mentionnent deux insectes dont les mandibules sont traversées par un canal, ce dont la larve du Fourmilion et la larve du Dytique. Aucun d'eux, en revanche, ne mentionne chez le ver-luisant (larve) une disposition du même genre.

Désirant en avoir le cœur net, M. Bugnion a disséqué lui-même les pièces buccales du Lampyre noctiluque (larve et insecte parfait) et celle d'une espèce voisine, la Lamprorhiza Delarouzei, capturée en nombre dans la Provence.

Voici, en quelques mots, les résultats principaux de cette étude:

Les mandibules des Lampyres (larves), courbées en forme de faucille, extrêmement acérées, sont d'un bout à l'autre traversées par un canal. Les mandibules du genre Lamprorhiza (larve) offrent une disposition absolument identique. L'observation de Fabre est, sur ce point-là, entièrement confirmée.

Dans l'abdomen, au niveau du bout antérieur de l'estomac, se trouvent deux glandes acineuses formées de grains arrondis. Ces glandes, qui fournissent vraisemblablement le liquide à la fois toxique et liquéfiant mentionné ci-dessus, émettent de part et d'autre un canal excréteur très fin qui, selon toutes probabilités, s'ouvre à la base de la mandibule et, au moment de la morsure, déverse son contenu dans la canalicule correspondant. Cette dernière supposition demanderait toutefois à être vérifiée au moyen des coupes sériées pratiquées dans la tête.

Les canaux mandibulaires du Lampyre (larves) diffèrent de ceux de la larve du Fourmilion et du Dytique en ce qu'ils n'offrent pas de communication avec la bouche et le pharynx et ne peuvent en conséquence être utilisés pour la succion.

L'absorption du liquide nutritif (chair liquéfiée) s'effectue par la bouche comme chez les insectes en général.

Comprise entre le labre et la lèvre inférieure, la bouche est garnie de nombreux poils qui, s'imbibant par capillarité, aidant probablement à l'absorption du liquide. Un jabot très musculeux, placé à l'entrée de l'estomac, doit de son côté coopérer à cette action. Très différentes de celles de la larve, les mandibules du ver-luisant, adulte, ne sont pas traversées par un canal. Leur extrémité, beaucoup moins acérée, paraît d'ailleurs incapable de percer ou lacérer.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

FR. FICHTER ET R. SCHONLAU. SUR LE M-NITRO-SULFOCYANOBENZÈNE ET COMBINAISONS ANALOGUES. (*Ber. d. deutsch. chim. Ges.*, t. XLVIII, p. 1150 à 1154 ; Bâle, Anorg. Abt. d. Chem. Anstalt, avril 1915).

Les auteurs ont préparé le *m-nitro-sulfocyanobenzène* $C^6H^4 \cdot SCN \cdot NO^2 (1 \cdot 3)$ par décomposition du diazo de m-nitraniline au moyen des réactifs appropriés ; ce composé est en aiguilles blanches, f. à 56°. Soumis à la réduction électrolytique, il donne, suivant les conditions, avec une cathode de plomb, le mercaptan : $C^6H^4 \cdot SH \cdot NH^2 (1 \cdot 3)$ dont la présence a été constatée, en transformant le produit de la réaction par oxydation en *disulfure de diamino-3-3'-diphényle*, et avec une cathode de cuivre, le *m-sulfocyano-azoxybenzène*, petites jaunes, f. à 96°. L'o-nitro-sulfocyanobenzène fournit, dans certaines conditions, en même temps qu'un peu de disulfure de diamino-2-2'-diphényle, du p-aminobenzthiasol, qui doit prendre naissance par l'action de l'acide cyanhydrique formé dans la réaction sur le disulfure.

Les auteurs ont également étudié l'oxydation électrolytique avec anode de platine des sulfocyanures de méthyle et de méthylène ; avec le premier, ils obtiennent l'*acide méthane-sulfonique* dont le sel de Ba cristallise avec 1 $^1/_2$ aq., et avec le second, l'*acide méthane-disulfonique* dont le sel de Ba cristallise avec 2 aq.

MESURES DU COURANT ELECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites chaque jour à Altdorf et à Fribourg, entre 1 h. 30 et 2 h. du soir

JUILLET 1915

Date	Altdorf			Fribourg			Temps
	λ	P. G.	Cour^t	λ	P. G.	Cour^t	
1	—	—	—	269	78	69	Pluie à Altdorf.
2	—	—	—	159	90	48	» »
3	258	73	63	213	81 à −200	—	Beau.
4	311	58	60	—	—	—	»
5	272	63	57	296	82	81	»
6	305	52	53	319	48	51	» à Adf, pluv. à Frg.
7	229	71	54	267	91	81	Beau.
8	258	+48 à −240	—	301	64	64	Orageux.
9	241	50	40	308	69	70	Presque couvert.
10	366	55	67	383	−37 à +44	—	Pluie à Fribourg.
11	308	64	66	—	—	—	Beau.
12	255	54	46	338	75	85	Assez beau.
13	256	55	47	296	80	79	Couvert, orageux.
14	312	47	49	382	89	113	»
15	326	49 à 245	—	—	—	—	Pluie.
16	278	56	52	253	112	93	Assez beau.
17	—	—	—	277	−85 à 102	—	Pluie.
18	296	5	—	316	86	90	Couvert.
19	212	63	44	210	102	72	Beau.
20	—	—	—	254	110	93	»
21	247	66	54	319	78	83	Couvert.
22	—	—	—	300	82	82	Assez beau.
23	299	105	105	304	67	68	Fœhn à Altdorf.
24	—	—	—	357	83	98	Pluvieux.
25	437	44 à 550	—	—	70 à 111	—	Orageux.
26	—	—	—	—	—	—	Pluvieux.
27	353	−400 à +36	—	—	—	—	Orageux.
28	—	—	—	—	—	—	—
29	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—
31	—	—	—	—	—	—	—

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1915

Le 1, rosée le matin.
2, petite pluie le matin, à 8 h. 45 du soir et dans la nuit; orage à 6 h. 50 du soir.
3, pluie de 7 h. à 10 h. du matin, de 8 h. 30 à 10 h. du soir et dans la nuit; orage à 8 h. 15 du soir.
4, pluie de 7 h. du matin à 1 h. du soir, de 7 h. à 10 h. du soir et dans la nuit.
Les 6, 8 et 9, rosée le matin.
Le 13, brouillard le matin; rosée le soir.
14, rosée le matin; pluie de 7 h. 30 à 10 h. du soir et dans la nuit.
Les 16 et 17, rosée le matin et le soir.
Le 18, brouillard le matin.
19, rosée le matin.
22, rosée le matin et le soir.
23, brouillard le matin.
24, rosée le matin.
25, rosée le matin; pluie de 7 h. 30 à 11 h. 15 du matin, de 3 h. 30 à 5 h. 45 du soir et dans la nuit; orage à 8 h. 55 et 9 h. 30 du matin.
26, pluie de 12 h. 45 à 1 h. 15 et de 5 h. 30 à 7 h. du soir.
29, rosée le matin: pluie de 7 h. 50 du matin à 6 h. 15, de 9 h. 35 à 10 h. du soir et dans la nuit.
30, neige sur le Jura et les Voirons.

GENÈVE — SEPTEMBRE 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm +							Vent					Nébulosité				Durée d'insolation	Pluie	
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.		Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	28.8	26.4	24.8	26.95	− 0.81	24.3	29.6	SW. 0	NNE. 1	SE. 1	NNE. 1	1.8	0	1	0	3	11.4	....	....
2	21.9	20.4	19.7	21.05	− 6.69	19.1	24.3	SW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	7.3	9	9	10	9	2.4	3.0	3
3	18.8	17.7	18.5	18.17	− 9.55	16.9	19.3	SSW. 1	NNE. 1	NE. 1	NE. 1	4.8	9	4	10	8	3.8	14.0	8
4	19.7	21.2	25.7	21.55	− 6.15	18.4	27.0	SSW. 1	SE. 1	SE. 0	SE. 1	5.2	10	10	10	10	0.0	11.0	10
5	30.5	33.0	34.2	31.61	+ 3.99	27.0	34.3	SE. 0	NNE. 1	E. 1	NE. 1	3.6	9	10	0	7	3.2	....	....
6	34.3	34.1	34.2	34.03	+ 6.38	33.2	34.8	S. 0	NNE. 2	S. 0	NNE. 1	11.1	3	6	0	3	**11.7**	....	....
7	34.5	34.0	33.4	33.91	+ 6.28	32.8	34.7	SW. 0	NNE. 1	SW. 1	N. 1	3.8	8	1	0	2	9.5	....	....
8	33.4	32.6	31.9	32.74	+ 5.14	31.2	34.4	S. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.4	1	4	1	3	11.1	....	....
9	31.9	31.0	30.3	31.17	+ 3.59	29.9	32.0	S. 0	N. 1	N. 1	N. 1	3.2	2	7	0	4	8.8	....	....
10	30.3	29.3	30.1	29.92	+ 2.37	28.7	30.4	N. 1	N. 2	NNE. 2	N. 1	11.7	9	5	9	7	5.2	....	....
11	29.3	28.7	28.9	29.07	+ 1.55	28.0	29.7	NE. 1	NW. 1	NE. 1	NE. 1	10.6	10	7	10	8	5.1	....	....
12	29.3	28.6	28.6	28.74	+ 1.25	27.6	29.4	SE. 0	N. 1	N. 1	N. 1	4.8	10	3	2	4	6.5	....	....
13	29.4	28.1	29.6	29.00	+ 1.54	28.0	30.0	S 0	N. 1	E. 0	N. 1	1.9	10	3	0	3	10.4	....	....
14	30.4	30.0	31.0	30.22	+ 2.79	29.4	31.4	NW. 1	E. 1	S. 1	calme	1.6	7	8	10	9	1.4	4.5	4
15	32.8	33.6	**34.5**	33.16	+ 5.76	31.4	34.7	SW. 0	SW. 0	S. 1	calme	1.5	6	7	7	5	7.1	....	....
16	35.5	35.8	36.0	**35.46**	+ 8.09	34.7	**36.6**	SE. 0	NNE. 1	S. 0	NNE. 1	2.4	0	1	0	1	11.3	....	....
17	36.2	35.5	34.1	35.45	+ **8.11**	33.8	**36.6**	S. 0	NNE. 1	SW 0	calme	1.6	3	2	0	3	10.6	....	....
18	33.0	31.4	30.4	31.84	+ 4.53	30.2	34.0	S. 0	NNE. 1	NNE. 0	calme	1.3	10	1	0	2	10.0	....	....
19	30.3	29.0	29.0	29.70	+ 2.43	28.0	30.5	SSW. 0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	4.0	1	0	0	0	9.5	....	....
20	29.5	29.5	30.7	29.63	+ 2.39	29.0	30.8	NNE. 1	NNE. 1	N. 1	N. 1	6.9	10	9	10	10	0.0	....	....
21	31.0	31.3	32.8	31.35	+ 4.14	30.3	33.4	NNE 1	NE. 1	S. 0	NE. 1	5.9	10	7	1	6	4.7	....	....
22	34.1	33.5	33.2	33.48	+ 6.30	32.6	34.4	S. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.4	7	4	0	3	7.9	....	....
23	33.4	31.7	30.9	32.08	+ 4.94	30.3	33.3	SW. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.2	10	4	2	5	7.4	....	....
24	29.8	26.4	24.5	27.36	+ 0.25	23.0	30.3	S. 1	NW. 0	NE. 0	N. 1	2.5	4	6	4	6	5.6	....	....
25	18.9	18.3	20.1	19.97	− 7.10	17.6	23.0	S. 0	SW. 1	SE. 0	SW. 1	6.5	10	10	10	9	0.0	11.2	7
26	18.3	17.3	15.4	17.44	− 9.60	15.3	19.7	SW. 1	SW. 1	S. 3	SW. 1	11.8	5	10	7	8	3.3	1.6	2
27	17.4	18.0	19.0	17.73	− 9.27	16.0	19.5	SW. 2	SW. 2	S. 0	SW. 1	**12.7**	9	6	7	6	6.1	3.2	3
28	21.3	22.7	21.3	21.34	− 5.63	19.4	22.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5.4	8	7	3	6	0.9	....	....
29	15.8	14.4	13.9	**15.37**	**−11.56**	**13.5**	19.4	E. 1	W. 0	NW. 1	NW. 1	2.9	10	10	9	10	0.0	**25.4**	**14**
30	17.9	19.7	22.5	19.26	− 7.64	16.0	22.6	SW. 1	SSW. 0	WNW. 1	SW. 1	7.9	8	7	0	6	0.4	0.1	....
Mois	27.92	27.44	27.63	27.63	0.00							5.26	6.9	5.6	4.0	5.6	175.3	74.0	51

GENÈVE — SEPTEMBRE 1915

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	0	0	0	0	0	0	0								0	0	mm.
1	+ 8.1	+16.2	+13.8	+12.24	− 4.35	+ 4.3	+20.0	84	41	67	67	− 7	**38**	87	17.7	− 0.6	1715
2	11.6	17.4	12.2	12.92	− 3.56	9.0	18.0	81	50	78	72	− 2	46	88	17.0	− 1.2	1715
3	11.0	16.0	9.6	12.30	− 4.07	8.2	17.8	86	57	95	76	+ 1	55	98	17.3	− 0.9	1740
4	8.4	9.0	7.0	8.31	− **7.94**	6.0	9.8	94	93	97	**94**	**+19**	87	98	15.0	− 3.1	1755
5	7.8	12.5	10.7	9.94	− 6.19	5.8	15.5	94	75	91	86	+11	68	97	—	—	1780
6	6.8	16.2	12.7	11.46	− 4.56	5.0	18.3	91	59	74	74	− 1	44	97	14.0	− 4.0	1790
7	9.6	15.2	11.8	11.99	− 3.90	6.7	17.2	86	58	86	78	+ 2	55	92	14.5	− 3.4	1760
8	8.4	16.7	13.6	12.49	− 3.28	5.2	18.4	92	63	82	80	+ 4	57	93	15.5	− 2.3	1750
9	9.2	16.2	14.7	13.05	− 2.59	7.0	18.0	93	61	76	81	+ 5	54	97	—	—	1725
10	12.2	16.0	12.8	13.15	− 2.37	8.2	17.2	82	69	72	78	+ 2	65	92	16.0	− 1.7	1745
11	11.0	15.6	11.7	12.38	− 3.01	8.6	16.0	78	62	75	72	− 5	60	86	16.0	− 1.6	1745
12	10.7	14.8	11.2	12.44	− 2.81	8.2	16.7	87	63	85	78	+ 1	61	94	—	—	1735
13	7.2	18.0	13.3	13.12	− 2.00	5.4	20.6	97	64	94	83	+ 6	61	98	15.2	− 2.3	1710
14	10.2	18.9	15.0	13.16	− 1.82	6.8	19.8	90	58	93	83	+ 6	56	95	16.0	− 1.4	1705
15	13.2	22.0	15.6	**16.76**	+ **1.91**	12.0	**22.6**	98	55	85	79	+ 1	52	98	16.2	− 1.1	1695
16	11.2	19.4	15.8	15.49	+ 0.78	9.2	22.0	93	63	85	78	0	55	95	16.2	− 1.0	1685
17	11.8	19.4	15.4	15.46	+ 0.90	9.0	21.7	93	54	88	77	− 1	50	95	16.4	− 0.7	1625
18	11.6	20.2	16.8	15.91	+ 1.49	9.8	22.2	97	68	92	83	+ 5	61	98	17.0	− 0.0	1670
19	12.1	20.3	16.8	15.73	+ 1.45	9.8	21.9	92	67	78	82	+ 4	58	94	—	—	1690
20	13.6	16.0	15.3	15.01	+ 0.88	12.6	17.4	90	77	82	83	+ 4	71	93	17.0	+ 0.2	1710
21	13.5	16.2	12.9	14.51	+ 0.53	11.0	16.9	87	67	91	80	+ 1	65	96	17.0	+ 0.3	1665
22	10.4	16.9	13.3	13.57	− 0.26	8.5	18.1	93	71	94	87	+ 8	67	98	17.2	+ 0.6	1675
23	10.2	17.2	14.5	13.51	− 0.17	8.9	19.0	100	80	92	90	+11	71	100	16.7	+ 0.2	1685
24	11.0	20.6	15.4	15.01	+ 1.49	10.0	22.0	96	67	90	86	+ 7	63	98	17.1	+ 0.7	1660
25	11.3	14.2	12.2	12.18	− 1.19	9.8	16.0	96	86	84	91	+11	60	97	16.5	+ 0.1	1675
26	12.0	14.6	16.5	13.60	+ 0.39	10.8	17.6	78	70	52	74	− 6	45	92	—	—	1665
27	13.4	18.2	11.4	14.74	+ 1.69	10.6	19.6	64	46	76	**58**	**−22**	44	88	10.5	− 5.6	1635
28	10.6	15.5	8.9	11.74	− 1.15	7.6	16.3	90	58	87	80	0	54	94	8.0	− 8.0	1685
29	7.6	9.7	9.6	8.63	− 4.10	5.6	11.2	89	97	95	**94**	+14	81	99	8.0	− 7.9	1680
30	+ 7.8	+11.5	+ 6.1	+ **7.99**	− 4.58	+ **2.2**	+12.0	85	68	79	77	− 4	50	92	12.5	− 3.3	1660
Mois	+10.45	+16.35	+12.89	+12.96	− 1.70	+ 7.73	+17.97	89	66	84	80	+03			15.22	− 1.85	1704

MOYENNES DE GENÈVE — SEPTEMBRE 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. - Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.34	28.07	28.41	28.49	27.98	27.45	27.80	28.33	28.11
2e »	31.36	31.22	31.57	31.99	31.01	30.42	30.83	31.43	31.23
3e »	24.04	23.75	23.78	24.07	23.33	22.84	23.11	23.38	23.54
Mois	27.91	27.68	27.92	28.18	27.44	26.91	27.25	27.71	27.63

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 8.79	+ 7.59	+ 9.31	+12.99	+15.14	+15.76	+13.74	+10.96	+11.78
2e »	11.56	10.21	11.26	16.10	18.46	19.05	16.19	13.54	14.55
3e »	10.91	10.13	10.78	14.01	15.46	14.66	13.01	11.42	12.55
Mois	+10.42	+ 9.31	+10.45	+14.37	+16.35	+16.49	+14.31	+11.97	+12.96

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	89	90	88	76	63	62	76	85	79
2e »	89	91	91	74	63	65	78	88	80
3e »	87	88	88	76	71	74	82	86	82
Mois	88	90	89	75	66	67	79	87	80

Dans ce mois l'air a été calme 267 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{81}{40} = 2.02$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	27.66
Nébulosité	5.5
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+13°.23
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+13°.14
Fraction de saturation	80 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	27.63
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.9
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	94.2
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne ... (id.).	+14°.66
Fraction de saturat. (1849-1875).	77 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	88.5	75.2	80.3	75.4	75.1	63 9	84.2

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	81.8	74.0	81.0	84.3	?	83.2

Insolation à Jussy : ? h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1915

Les 2, 3, 4, 5, 25, 29 et 30, neige.
Le 14, pluie.
Les 2, 5, 10, 11, 15, 23, 24 et 28, brouillard.
4, 5 et 15, violente bise.
2, 24, 25 et 29, très fort vent.

GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBRE 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	66.4	65.7	65.0	65.7	− 2.4	64.4	67.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	5	10	5	....	....
2	62.1	60.4	59.8	60.8	− 7.3	59.2	64.4	SW. 3	SW. 1	NE. 0	SW. 1	10	10	10	10	5.2	2
3	58.1	57.8	57.8	57.9	− **10.1**	57.6	59.2	SW. 1	SW. 1	NE. 0	SW. 1	1	10	10	7	**38.3**	**35**
4	56.5	58.2	61.8	58.8	− 9.2	56.2	62.2	NE. 4	NE 4	NE. 0	NE. 3	10	10	10	10	12.0	10
5	66.1	68.5	70.3	68.3	+ 0.4	62.2	70.5	NE. 4	NE 2	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	....	....
6	69.6	70.7	71.2	70.5	+ 2.9	69.5	71.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	1	0	3	....	...
7	70.9	71.8	72.1	71.6	+ 3.8	70.5	72.2	SW. 0	NE. 1	NE. 0	calme	0	0	0	0	....	....
8	71.5	71 7	71.5	71.6	+ 3 9	71.2	72.0	NE. 1	NE. 2	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	....	....
9	70.2	70.0	69.7	70.0	+ 2.4	69.4	71.2	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	1	2	0	1	....	....
10	67.5	68.3	67.8	67.9	+ 0.3	67.3	69.4	SW. 1	NE 1	SW. 1	SW. 1	7	8	10	8	....	....
11	67.3	67.2	67.5	67.3	− 0.2	67.1	68.1	NE. 1	NE. 2	SW. 1	NE. 1	2	6	10	6	..	....
12	67.6	67.2	68.0	67.4	0.0	67.0	68.3	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	10	1	10	7	....	....
13	68.2	69.0	70.0	69.1	+ 1.7	68.1	70.2	NE. 1	NE. 0	NE. 0	calme	0	1	0	0	...	....
14	69.6	69.8	70.0	69.8	+ 2.5	69.4	70.1	NE. 1	NE. 1	NE 0	NE. 1	0	10	1	4	4.0	....
15	70.4	71.9	73.0	71.8	+ 4.6	69.8	73.5	NE. 4	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	1	10	7	...	...
16	73.9	75.0	75.8	74 9	+ 7.8	73.4	**78.1**	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	....	....
17	75.6	75.4	75.2	**75.4**	+ **8.3**	75.0	76.0	NE 1	NE. 1	NE 0	NE. 1	0	0	0	0	....	....
18	73.2	73 2	72.8	73 1	+ 6.1	72.5	75.0	NE. 0	NE. 1	NE. 0	calme	1	0	0	0	...	....
19	71.4	71.0	71.1	71.2	+ 4.3	70.8	72.5	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	....	....
20	69.8	70.4	70.6	70.3	+ 3.5	69.7	70.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
21	70.4	71.1	72.1	71.2	+ 4.5	70.2	72.3	NE. 0	SW. 0	NE. 1	calme	1	1	2	1	....	...
22	72.8	73.2	73.7	73.2	+ 6.6	72.3	73 8	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	1	0	0	0.1	....
23	72.6	72.4	72.2	72.4	+ 5.8	72.0	73.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	1	10	4	...	....
24	70.0	68.9	68.5	69.1	+ 2 6	67.6	72.0	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	8	10	9	6.2	...
25	63.2	60.4	59.8	61.1	+ 5 3	59.6	67.6	SW. 5	SW. 4	SW. 0	SW. 3	10	10	10	10	20.0	15
26	57.6	59.0	58.9	58.5	− 7.8	57.5	59.7	SW. 1	SW. 0	SW. 1	SW. 1	1	9	10	7	....	...
27	58.1	58.5	58.9	58.5	− 7.7	58.0	58 9	NE. 0	SW. 1	NE. 1	var.	2	6	10	6	6.3	3
28	58.7	60.6	60.7	60.0	− 6.1	58.1	60.9	NE. 3	NE. 0	NE. 0	NE. 1	10	10	5	8	....	....
29	57.4	56.0	55.0	56.1	− 9.9	54.6	60.1	SW. 3	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	27.0	22
30	55.2	56.2	56.3	**55.9**	− 10 0	**55.1**	56.4	SW. 0	NE. 1	NE. 2	NE 1	9	10	10	10	20.0	15
Mois	66 71	66.98	67.24	66.98	− 0.47							1.2	4.7	5.6	4.8	139.1	102

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 0.2	+ 4.6	+ 1.6	+ 2.0	− 3.1	− 0.2	+ 6.2	82	67	93	81	40	95
2	+ 0.3	0.5	− 0.6	+ 0.1	− 4.9	− 0.7	1.6	96	94	92	94	73	97
3	− 1.2	+ 0.5	− 1.7	− 0.8	− 5.7	− 2.2	+ 1.2	76	91	98	88	68	99
4	− 3.4	− 2.8	− 4.1	− 3.4	− **8.2**	− 4.5	− 1.8	96	92	95	94	85	98
5	− 2.9	− 1.5	− 2.4	− 2.3	− 7.0	− 4.7	− 0 1	95	96	96	**96**	85	99
6	− 3.3	+ 1.2	− 0.8	− 1.0	− 5.6	− 4.7	+ 2.3	84	77	88	83	58	92
7	− 0.2	5.9	+ 2.3	+ 2.7	− 1.8	− 1.5	6.4	52	48	62	54	24	65
8	+ 3.4	7.8	4.2	5.1	+ 0.7	+ 2.2	8.7	44	48	72	55	28	94
9	2.5	7.3	3.4	4.4	+ 0.1	+ 2.0	8.0	87	67	92	82	54	93
10	+ 1.6	5.3	2.1	3.0	− 1.2	+ 1.2	6 8	93	52	99	81	50	100
11	− 0.5	4.5	1.2	1 7	− 2.4	− 0.8	4.9	94	70	95	86	58	98
12	+ 0.4	4.4	2.6	2.5	− 1.5	+ 0.2	6.8	92	74	94	87	60	96
13	1.8	6.8	2.5	3.7	− 0.2	1.2	7.2	85	67	92	81	57	94
14	1.4	6.0	4.6	4.0	+ 0.2	1.0	6.4	86	64	77	76	51	90
15	2.0	5.8	2.8	3.5	− 0.1	1.6	6.5	96	78	96	90	54	100
16	4.0	9.5	6.8	6.8	+ 3 3	2.0	9.8	74	61	67	67	53	94
17	6.5	12.2	7.5	8.7	+ 5.3	6.0	12.5	52	54	86	64	30	88
18	6.2	11.8	6.8	8.3	+ 5.0	5.9	12.2	83	58	85	75	48	86
19	7.4	12.8	9.4	**9.9**	+ **6.7**	6.4	**13.2**	42	34	36	**37**	15	61
20	8.8	12.0	6.8	9.2	+ 6.2	6.3	12.5	36	14	64	38	**10**	70
21	5.8	8.0	5.8	6.5	+ 3.6	5.4	10.3	54	86	86	75	34	91
22	3.6	10.0	5 8	6.5	+ 3.7	3.0	10.2	86	47	87	73	35	92
23	1.4	8.8	5.0	5.1	+ 2.5	1.1	9.4	95	25	96	72	23	98
24	0.2	+ 3.4	+ 1.4	1.7	− 0.8	+ 0.1	5.2	96	88	96	93	41	98
25	+ 0.8	− 0.3	0.0	+ 0.2	− 2.2	− 1.0	1.2	96	96	96	**96**	88	100
26	− 1.8	+ 1.1	+ 0.2	− 0.2	− 2.4	− 2.8	2.2	85	70	93	83	43	100
27	− 0.8	2.0	− 0.5	+ 0.2	− 1.9	− 0.8	4.4	75	67	95	79	50	98
28	− 1.6	+ 0.4	− 1.3	− 0.8	− 2.7	− 1.8	+ 0.8	95	94	85	91	60	98
29	− 1.8	− 1.8	− 1.7	− 1.8	− 3.6	− 2.4	− 0.9	96	95	95	95	68	100
30	− 3.5	− 2.2	− 6.2	− **4.0**	− 5.7	− **6.8**	− 1.4	91	86	91	89	82	98
Mois	+ 1.23	+ 4.80	+ 2.12	+ 2.72	− 0.60	+ 0.36	+ 5.76	80	69	87	79		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBRE 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	65.89	66.31	66.70	66.30	80	73	89	81
2e »	70.64	71.01	71.40	71.02	74	57	79	70
3e »	63.60	63.63	63.61	63.61	87	75	92	85
Mois	66.71	66.98	67.24	66.98	80	69	87	79

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 0.34	+ 2.88	+ 0.40	+ 0.98	+ 0.84
2e »	+ 3.80	8.58	5.10	5.83	5.64
3e »	0.23	2.94	0.85	1.34	1.22
Mois	+ 1.23	+ 4.80	+ 2.12	+ 2.72	+ 2.57

Dans ce mois l'air a été calme 278 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{62}{44} = 1.41$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	48.3	46.7	77.2	139.1
Neige en centimètres....	—	—	14	102

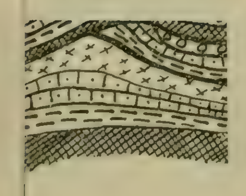


Fig. 4.

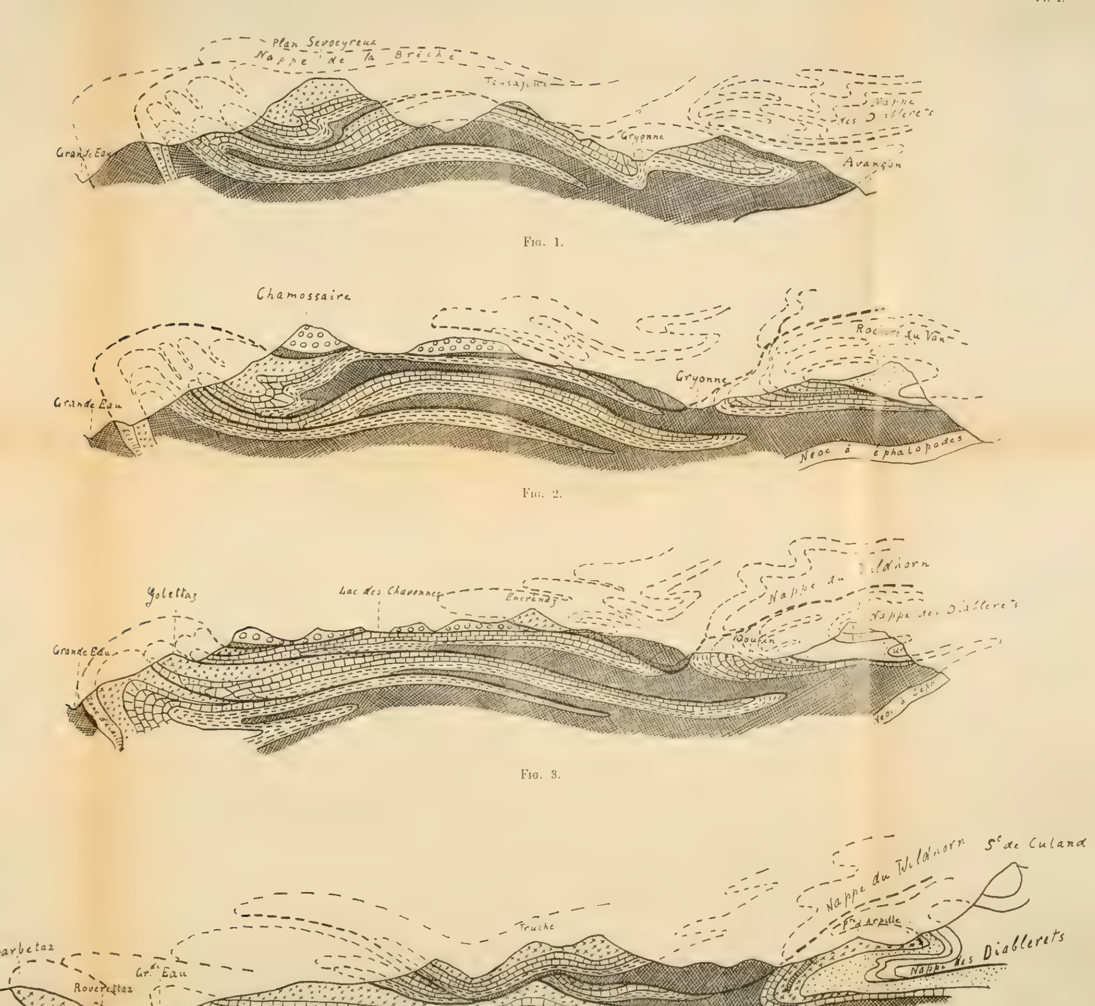


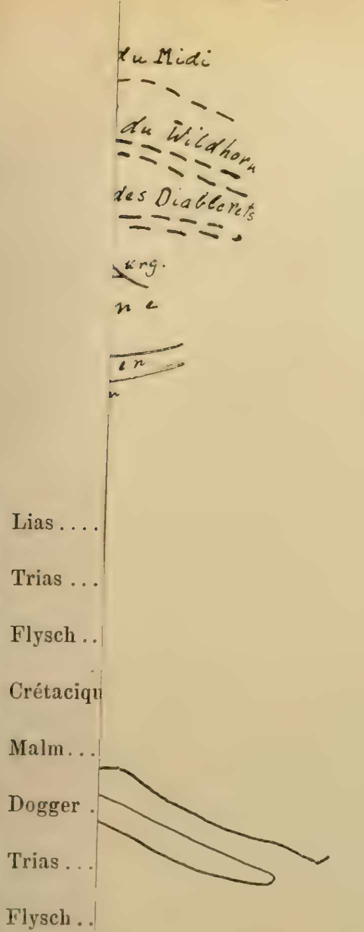
Fig. 1.

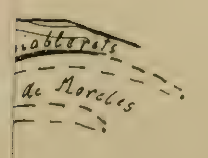
Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Brèche.	Nappe de la Brèche.	
Trias		
Trias	Préalpes médianes.	
Flysch . .	Préalpes internes.	
Crétacique.		
Dogger-Argovien. . .		
Lias . . .		
Trias .		
Grès de Taveyannaz	Hautes-Alpes.	


du Midi
du Wildhorn
des Diablerets
Lias . . . .
Trias . . .
Flysch . .
Crétaciqu
Malm . . .
Dogger .
Trias . . .
Flysch . .
Jurassiqu
Trias . . .


iablerets
de Morcles

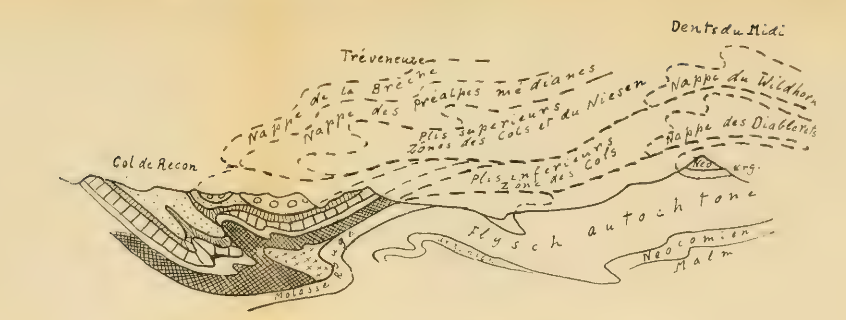


Fig. 1. — Coupe d'ensemble au S.-W. de la vallée du Rhône.



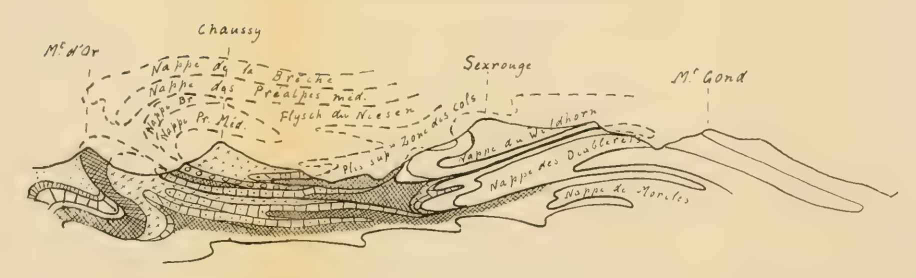


Fig. 2. — Coupe d'ensemble au N.-E. de la vallée des Ormonts.

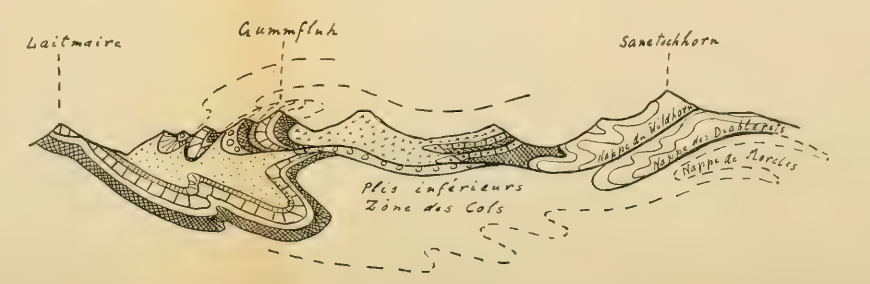


Fig. 3. — Coupe d'ensemble au S.-W. de la Haute-Sarine.

NOTE SUR LA THÉORIE ANALYTIQUE

DES

CORPS SOLIDES COTÉS

PAR

C. CAILLER

I. Préambule

§ 1. La Géométrie, telle qu'elle est présentée ordinairement dans les éléments, repose presque entièrement sur le concept du *point*. Cette notion de point est visiblement suggérée par l'intuition ; comme il arrive toujours pour les concepts fondamentaux d'une science déductive, elle est essentiellement réfractaire à toute définition positive, elle ne se détermine que par ses propriétés essentielles, posées *a priori* dans les axiomes de la Géométrie.

De la sorte le point joue le rôle d'un *élément,* indécomposable et indéfinissable, lequel forme la matière même et l'unique constituant des êtres géométriques. De même que les molécules d'une substance chimique sont formés d'atomes, dont la nature intime reste plus ou moins mystérieuse, ainsi les figures géométriques, quel que soit leur degré de complication, nous apparaissent d'ordinaire comme des ensembles de points associés suivant des lois déterminées dont l'étude exacte et complète est précisément le but de la Géométrie.

Mais il y a dans ce choix du point comme élément spatial primitif une forte part d'arbitraire : d'autres objets peuvent être appelés à jouer à sa place le rôle de matériaux constitutifs

dans l'édifice de la connaissance spatiale. En réalité, depuis longtemps, se sont formées à côté de la Géométrie ponctuelle ordinaire d'autres Géométries, tangentielle, réglée, etc., ayant chacune pour but l'exploration méthodique des propriétés de l'espace, et qui se différencient de la première en ce que la fonction d'élément, d'abord dévolue au point, passe au plan, à la droite, etc. Toutes ces géométries ont leurs avantages et leurs inconvénients particuliers, de sorte qu'elles continuent à vivre côte à côte sans qu'aucune ait réussi à supplanter ses rivales ; leurs relations réciproques forment un des principaux sujets d'étude de la Géométrie moderne et ont contribué très puissamment aux progrès accomplis par cette science pendant le XIXme siècle.

Le principe du changement de l'élément fondamental a reçu récemment une nouvelle application, extrêmement intéressante et hardie. Il fallait en effet beaucoup de pénétration pour appeler à remplir le rôle d'élément, non plus le point, le plan ou la droite, mais bien le *corps solide invariable,* c'est-à-dire en fait l'espace entier, en quelque sorte matérialisé, et mobile sur lui-même sans déformation.

La *Géométrie des Corps* à laquelle conduit cette conception est due essentiellement à deux auteurs [1]. Sous le nom de *Géométrie des feuillets,* M. de Saussure a posé les fondements de cette théorie, et a exposé ici même les principaux résultats par une méthode strictement synthétique [2]. M. E. Study au contraire a abordé la Géométrie des Corps ou des *Somas,* par la voie analytique : je citerai en particulier sur ce sujet la dernière partie de l'ouvrage *Geometrie der Dynamen* ainsi que la belle conférence, pleine de vues et d'aperçus généraux, prononcée devant la *Berliner Mathematische Gesellschaft* [3].

[1]) Les recherches de ces géomètres paraissent avoir été tout à fait indépendantes. Je ne m'arrête pas ici aux questions de priorité et je laisse de côté tout développement sur la préhistoire de la Géométrie des corps.

[2]) Pour la bibliographie, voir les notes marginales de l'article intitulé : « la Géométrie des feuillets cotés ». *Archives Sc. Phys. et Nat.,* janvier 1915.

[3]) Le 21 décembre 1913, voir *Sitzungsberichte d. Berl. Math. Ges.* XII, p. 36-59.

On ne devait pas tarder à faire un pas de plus. M. de Saussure, en étudiant les polyséries linéaires de corps solides, a été frappé du caractère quadratique que présente la Géométrie de ces polyséries, et a tenté de la remplacer par une autre, de nature linéaire. Il y parvient en élargissant la conception même du corps solide, et en considérant un corps ordinaire comme un cas particulier du corps, ou du feuillet *coté*. Coter le corps, c'est le munir d'un coefficient numérique, la *cote*, laquelle devient nulle pour un corps simple non coté.

Le corps coté est ainsi composé de deux parties hétérogènes, l'une géométrique, l'autre arithmétique ; l'être complexe formé de leur association, n'est pas, on le comprend de reste, défini d'une manière unique avant que soit précisée l'influence que les deux parties exercent l'une sur l'autre et le rôle que chacune doit jouer dans la Géométrie du solide coté. De fait, M. de Saussure est sorti de l'indétermination en concevant l'ensemble des propriétés du solide coté, comme une généralisation de celles du *torseur* (dyname ou vis) de la Statique et de la Cinématique.

On peut se représenter le torseur sous l'aspect d'une droite affectée d'un coefficient, c'est-à-dire *cotée*, et se figurer la Statique comme la théorie des droites cotées ; c'est une géométrie de caractère linéaire, comprenant comme cas particulier la Géométrie réglée, laquelle possède un caractère quadratique, parce que la condition qui exprime qu'une certaine cote est nulle est du second degré.

Tous ces faits se transposent sans modification dans le nouveau domaine de la Géométrie des corps ; celle-ci présente aussi le phénomène d'une subordination de deux géométries dont l'une est linéaire et l'autre quadratique. Un tel parallélisme qui se poursuit dans le détail ne saurait point être attribué au hasard.

Il est facile en effet de considérer le torseur comme un cas particulier du corps coté, et alors, par une conséquence nécessaire, la Géométrie des droites cotées se trouve absorbée dans celle plus générale des corps cotés. A tout système formé de droites correspond toujours un autre système formé de corps, et les propriétés du premier trouvent leur image dans le second.

Le passage des unes aux autres est fort simple et n'exige le plus souvent aucun appareil de calcul : on verra plus loin de nombreux exemples de ce genre de transformations.

C'est même, en dehors de toute application pratique(1), dans cet avantage méthodologique que réside en grande partie, aujourd'hui du moins, le singulier intérêt de la Géométrie des Corps cotés. Elle apparaît sous l'aspect d'un système géométrique maximal, tel qu'en descendant du complexe au simple, on rencontre successivement la Géométrie des corps simples, puis celle des torseurs, la Géométrie réglée, enfin au niveau inférieur, la Géométrie ordinaire, tangentielle et ponctuelle. Tous les étages de l'édifice présentent des caractères communs, des traits de frappante analogie, qui sont autant de signes décelant un plan unique de construction.

Non seulement les mémoires et les divers travaux que j'ai cités plus haut offrent un point de vue général autour duquel les anciennes théories de la Géométrie viennent s'ordonner ; ils présentent encore un vif intérêt par l'immense variété de notions et de problèmes nouveaux qui s'y rencontrent.

Toutefois malgré la valeur des résultats déjà acquis, malgré l'ancienneté de quelques-uns d'entre eux et le renom des auteurs auxquels ils sont dus, il ne semble pas que ces travaux aient reçu jusqu'ici du public scientifique l'accueil auquel ils devaient pouvoir prétendre. Aussi, après les avoir étudiés pour mon compte, j'ai pensé qu'un exposé d'ensemble, par la méthode analytique, présenté dans le périodique même où la théorie synthétique des corps simples et cotés a vu le jour, pourrait offrir un certain intérêt. Quoiqu'un essai tel que celui-ci n'apporte que peu de chose d'essentiellement nouveau, ni comme résultats, ni même comme méthode, il ne sera cependant pas inutile s'il contribue à faire mieux connaître et mieux comprendre cet important chapitre de Géométrie et de Cinématique.

C'est dire que je me borne ici aux seuls principes de la théorie

(1) Parmi les applicatious possibles de cette Géométrie, il convient sans doute de mentionner en première ligne la théorie de la relativité.

des corps; j'ai visé seulement à les présenter avec clarté et précision en évitant de trop insister sur des faits bien connus. Je n'ai pas non plus recherché la concision à tout prix, et je me suis permis mainte fois de revoir les mêmes faits sous différentes formes, de manière à éclairer le sujet de tous les côtés.

Le but de cet essai n'est donc point du tout d'apporter la solution des nombreux problèmes dont M. de Saussure a, chemin faisant, donné les énoncés, et dont beaucoup exigeront, pour être résolus, des efforts sérieux de la part des géomètres. Toutes les questions relatives aux trajectoires des points, des droites, ou des plans dans les diverses polycouronnes sont notamment une vraie mine de recherches d'un captivant intérêt. Je n'en dis rien ici; par contre j'insiste beaucoup sur les analogies de la Statique ordinaire avec les systèmes des corps massifs. L'étude de ces derniers fait suite à celle des polyséries que j'examine d'une manière succincte, tandis que la théorie des corps *concourants,* laquelle n'est qu'un cas particulier de la précédente, est poussée assez à fond en raison de sa grande importance.

J'ai cru devoir changer, sur bien des points, la terminologie adoptée par M. de Saussure. Je m'y sentais autorisé parce que, dans une matière neuve encore, la langue ne saurait être considérée comme définitivement arrêtée : si je l'ai fait, ce n'a pas été par caprice ou poussé par un puéril désir d'innovation. J'ai cru qu'il y avait intérêt à bien marquer, dans le langage même, les parallélismes dont j'ai parlé plus haut entre la Géométrie des droites et celle des corps. On atteint ainsi, me semble-t-il, le maximum de clarté avec un minimum de termes nouveaux.

Dans le même ordre d'idées, j'ajoute qu'une des principales difficultés de l'exposition se trouve dans l'adoption de bonnes notations. J'ai beaucoup tâtonné avant de fixer mon choix; puisse ce choix satisfaire les légitimes exigences du lecteur qui voudra bien me suivre, et faciliter, dans la mesure du possible, la compréhension d'une théorie qui présente des points difficiles et qu'on ne saurait encore regarder comme appartenant aux éléments de la Géométrie.

II. Le mouvement dans l'espace a trois dimensions

§ 2. Notre premier soin doit être de représenter analytiquement les positions d'un corps, soit d'un trièdre A, d'en définir les coordonnées relativement à un autre trièdre S_0, lequel fonctionne comme système de repère. Cette question est elle-même identique à cette autre : représenter analytiquement le mouvement qui mène le corps S_0 sur le corps congruent A. Ce mouvement fait partie du groupe des ∞^6 mouvements de l'espace euclidien qui est celui où nous avons à nous mouvoir. Mais les faits analytiques gagnent considérablement en clarté si, de l'espace euclidien, on se transporte d'abord dans l'espace non-euclidien, que ce dernier soit de Riemann (sphérique), ou de Lobatchewsky (hyperbolique). Le cas euclidien s'intercale entre les deux autres, comme un cas limite, qu'on comprend beaucoup mieux après avoir étudié ceux-ci.

Cas de l'espace sphérique

§ 3. Prenons d'abord l'espace sphérique. Dans cet espace, un point est caractérisé au moyen de quatre coordonnées X_0, X_1, X_2, X_3, lesquelles vérifient la condition

$$f = X_0^2 + X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 = 1 \quad .$$

Le mouvement est équivalent à une transformation linéaire $L = \{a_{ij}\}$, orthogonale et directe, laquelle laisse la forme f invariante. Il existe en tout ∞^6 transformations de cette espèce; rappelons succinctement comment elles se définissent par le moyen de l'algorithme des quaternions, lequel constitue ici un instrument indispensable.

Soient i_1, i_2, i_3 les unités complexes quaternionniennes; elles satisfont les équations

$$i_1^2 = i_2^2 = i_3^2 = -1 \quad ,$$

et

$$i_2 i_3 = i_1 \quad , \qquad i_3 i_1 = i_2 \quad , \qquad i_1 i_2 = i_3 \quad ,$$
$$i_3 i_2 = -i_1 \quad , \qquad i_1 i_3 = -i_2 \quad , \qquad i_2 i_1 = -i_3 \quad .$$

Désignons par A et B deux quaternions quelconques

$$A = A_0 + i_1 A_1 + i_2 A_2 + i_3 A_3 \quad ,$$
$$B = B_0 + i_1 B_1 + i_2 B_2 + i_3 B_3 \quad ,$$

qui soient unimodulaires, c'est-à-dire tels que les sommes des carrés

$$\sum A_k^2 \qquad \text{et} \qquad \sum B_k^2$$

soient égales à l'unité. Posons encore

$$\left.\begin{aligned} \sigma &= X_0 + i_1 X_1 + i_2 X_2 + i_3 X_3 \quad , \\ '\sigma &= X_0' + i_1 X_1' + i_2 X_2' + i_3 X_3' \quad ; \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

alors la formule quaternionnienne

$$'\sigma = A\sigma B \quad , \qquad (2)$$

contient évidemment six paramètres arbitraires, trois pour chacunes des lettres A et B, c'est-à-dire précisément autant qu'il y a de mouvements. Cette même formule définit une transformation linéaire des X_k dans les X_k'.

Or, en vertu du théorème d'après lequel le module du produit de facteurs quaternions est égal au produit des modules, la dite transformation laisse invariante la somme

$$f = X_0^2 + X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 \quad .$$

Enfin le déterminant de la formule (2), qui vaut ± 1, est nécessairement positif ; il n'en saurait être autrement, puisqu'en changeant petit à petit les coefficients arbitraires qu entrent dans A et B, il est évidemment possible de passer, d'une manière continue, de cette formule à la transformation identique $'\sigma = \sigma$.

En résumé, l'équation (2) a toutes les qualités nécessaires pour représenter l'ensemble des mouvements ([1]) qui dans

[1]) M. Study considère aussi les mouvements avec retournement (Umlegung), c'est-à-dire les symétries par rapport à un centre ou à un plan. Je n'aurai pas à employer ici ce genre de déplacements lesquels, bien évidemment, ne forment pas un groupe.

l'espace sphérique conduisent d'un point X_k à un autre X_k' ; nous écrivons plutôt cette transformation sous la forme

$$'\sigma = A\sigma\bar{A}' \quad , \qquad (3)$$

en désignant par $\bar{A}$ le conjugué, relativement aux unités i_1, i_2, i_3 d'une quaternion A. On a donc ici $\bar{A}' = B$, ou $A' = \bar{B}$ [1].

Considérons en second lieu l'effet du mouvement sur une droite L, dont la position primitive s'obtient en joignant les deux points X, Y et dont, par suite, la position finale réunit les points correspondants X′ Y′ ; pour définir cette droite analytiquement, il est d'usage d'employer les déterminants de Plücker

$$l = [X_0Y_1] = X_0Y_1 - Y_0X_1 \quad , \quad m = [X_0Y_2] \quad , \quad n = [X_0Y_3] \quad ,$$
$$p = [X_2Y_3] = \ldots \quad , \quad q = [X_3Y_1] \quad , \quad r = [X_1Y_2] \quad .$$

Avec eux constituons les vecteurs

$$L = i_1(l + p) + i_2(m + q) + i_3(n + r) \quad ,$$
$$M = i_1(l - p) + i_2(m - q) + i_3(n - r) \quad ,$$

dont l'ensemble définit analytiquement la droite donnée. Si alors on cherche, par le calcul direct, l'effet de la substitution (3) sur les sommes $l \pm p, \ldots$, puis sur les vecteurs L et M, on reconnaît facilement que ces derniers se changent dans de nouveaux vecteurs, et subissent les transformations orthogonales ternaires

$$'L = AL\bar{A} \quad , \qquad (4)$$
$$'M = A'M\bar{A}' \quad . \qquad (5)$$

Ce qui précède nous donne le moyen de trouver les quaternions A et A' de la formule (3) lorsque les coefficients a_{ij} de la transformation $L = \{a_{ij}\}$ sont seuls connus ; du même coup la généralité de cette formule (3) se trouve établie.

[1]) Cette notation servira constamment dans la suite. La barre supérieure surmontant un quaternion $(\bar{A})$ indique qu'il faut prendre le conjugué en changeant les signes de i_1 i_2 i_3 ; dans un biquaternion la barre inférieure $(\underline{A})$ signifie que c'est la quantité i dont le signe doit être renversé. Enfin la notation $(\underline{\bar{A}})$ veut dire que les quatre unités i doivent être remplacées par leurs opposées.

En effet si, partant de la transformation L, on en déduit la transformation corrélative des déterminants $l, m \ldots, r$, on constate facilement qu'elle est de sixième dimension et qu'elle affecte le type

$$\Lambda = \frac{\mathrm{T} \mid \mathrm{U}}{\mathrm{U} \mid \mathrm{T}} ,$$

symbole où les parties T et U désignent des déterminants ternaires. De plus, la transformation Λ laisse invariantes les deux formes

$$l^2 + m^2 + n^2 + p^2 + q^2 + r^2 , \quad \text{et} \quad lp + mq + nr ,$$

soit encore les deux sommes de carrés

$$(l \pm p)^2 + (m \pm q)^2 + (n \pm r)^2 .$$

Mais les quantités $l \pm p$, $m \pm q$, $n \pm r$, subissent la transformation $\mathrm{T} \pm \mathrm{U}$ et, par suite, les substitutions $\mathrm{T} + \mathrm{U}$ et $\mathrm{T} - \mathrm{U}$ sont, toutes les deux, orthogonales et directes. Tout ceci est conforme aux formules (4) et (5); car celles-ci nous montrent que les vecteurs L et M subissent chacun une rotation. Il est désormais aisé de conclure.

Prenons, pour chacune des transformations orthogonales $\mathrm{T} + \mathrm{U}$ et $\mathrm{T} - \mathrm{U}$, lesquelles se déterminent exclusivement par les coefficients de $\mathrm{L} = \{ a_{ij} \}$, les paramètres de Rodrigues correspondants e_0, e_1, e_2, e_3 ; avec ces deux séries formons deux quaternions $e_0 + i_1 e_1 + i_2 e_2 + i_3 e_3$. Ce sont précisément ces quaternions A et A' qui figurent dans les formules (3), (4), (5), pour caractériser le mouvement non-euclidien des points et des droites de l'espace.

En terminant ce rapide résumé, il importe de remarquer que la méthode servant à trouver A et A' ne les détermine qu'au signe près ; cette incertitude de signe n'exerce aucune influence sur les formules (4) et (5) du mouvement des droites appartenant au corps, elle doit être levée en revanche pour que l'équation (3) du mouvement des points se trouve débarrassée de toute ambiguïté. C'est un point sur lequel j'aurai à revenir.

Cas de l'espace hyperbolique

§ 4. Ce nouveau cas se rattache directement au précédent, il s'en déduit en substituant à la place de l'équation fondamentale

$$f = X_0^2 + X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 = 1 \quad ,$$

cette autre

$$f = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2 = 1 \quad .$$

Il faut évidemment, pour opérer ce passage, poser

$$X_0 = x_0 \qquad \text{et} \qquad X_k = ix_k \qquad (k = 1, 2, 3) \quad ,$$

en supposant réelles les nouvelles coordonnées x. Ceci ne suffit pas ; il faut encore que la transformation $L = \{a_{ij}\}$ subie par les X, qui doit représenter le mouvement de Lobatchewsky, soit *réelle* quant aux nouvelles variables x. Pour remplir cette condition il faut, comme on voit facilement, que tous les a_{ij} soient des quantités réelles sauf ceux d'entre eux qui contiennent, une fois et une seule, l'indice 0 : ces derniers devront être choisis purement imaginaires.

Analysons, dans cette hypothèse, la composition des quaternions A et A' qui représentent, ici encore, le mouvement et dérivent, comme vu plus haut, des deux schémas orthogonaux $T + U$ et $T - U$.

D'après la constitution bilinéaire de leurs éléments en fonction des a_{ij}, il est aisé de reconnaître que T a tous ses éléments réels, tandis que U a tous les siens purement imaginaires.

Il en résulte que, dans le cas de l'espace de Lobatchewsky, les quaternions A et A' sont conjugués relativement à l'unité complexe ordinaire. N'oublions pas toutefois la remarque qui termine le paragraphe précédent; les schémas orthogonaux $T \pm U$, dérivés de la transformation $L = \{a_{ij}\}$, ne déterminent les quaternions correspondants qu'au signe près. C'est dire que si l'on a $A = p + qi$, formule dans laquelle p et q désignent deux quaternions réels, on aura $A' = \pm (p - qi)$; il y a là une ambiguïté qu'il nous faut nécessairement lever. Nous allons voir que le signe $+$ seul convient et qu'on doit écrire en réalité $A' = p - qi$.

Remarquons à cet effet que la transformation L, mise sous forme réelle, comme

$$x'_k = c_{k0}x_0 + c_{k1}x_1 + c_{k2}x_2 + c_{k3}x_3 \qquad (k = 0, 1, 2, 3) \tag{6}$$

donne

$$x_0'^2 - x_1'^2 - x_2'^2 - x_3'^2 = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2 = 1 \quad .$$

De là résulte que la quantité x'_0, laquelle varie à mesure que le corps se déplace par le fait du changement des coefficients c_{kh}, ne saurait jamais s'annuler; son signe, identique à celui de x_0, ne peut changer. Je le supposerai, par exemple, positif.

Or, à l'origine des axes, avant le mouvement, les coordonnées x_1, x_2, x_3 sont nulles; il faut donc, d'après (6), et pour que les signes de x_0 et x'_0 concordent, que c_{00} soit positif. Prenons la formule quaternionnienne du mouvement hyperbolique, c'est-à-dire

$$'\sigma = A\sigma\bar{A}' \quad , \tag{7}$$

dans laquelle, conformément aux explications du paragraphe précédent, σ et σ' ont pour valeurs les quantités suivantes

$$\left.\begin{aligned} \sigma &= x_0 + i(i_1x_1 + i_2x_2 + i_3x_3) \quad , \\ '\sigma &= x_0' + i(i_1x_1' + i_2x_2' + i_3x_3') \quad . \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

La formule (7) n'est qu'une autre forme pour les équations (6); elle fournit le déplacement de l'origine $\sigma = 1$, comme suit

$$'\sigma = c_{00} + i(i_1c_{10} + i_2c_{20} + i_3c_{30}) = A\bar{A}' \quad .$$

Ainsi la quantité c_{00}, qui doit être positive, se confond avec la partie réelle du produit

$$A\bar{A}' = \pm\,(p + qi)(\bar{p} - \bar{q}i) \quad ,$$

et cette partie réelle, à savoir $\pm\,(p\bar{p} + q\bar{q})$, ne peut être positive que si on écrit $+$ à la place du signe ambigu $\pm$, puisque l'ensemble $p\bar{p} + q\bar{q}$ est composé de deux carrés.

Ainsi donc, et ceci constitue la caractérisque la plus remarquable de la formule du mouvement (7) dans le cas de l'espace hyperbolique, les quaternions imaginaires A et A' qui y figurent

ne sont pas indépendants ; l'un est le conjugué de l'autre, relativement au changement de i en $-i$. Et, en résumé, *si A représente un biquaternion quelconque, de module unité, et $\bar{A}$ son conjugué obtenu en changeant à la fois les signes des quatre quantités* i, *la formule*

$$'\sigma = A\sigma\bar{A} \tag{9}$$

détermine un mouvement de l'espace hyperbolique, et réciproquement, à tout mouvement donné correspond un biquaternion A dont le signe, il est vrai, reste arbitraire.

Les formules (4) et (5), relatives à la Géométrie de Riemann, présentent également dans celle de Lobatchewsky une interprétation intéressante.

Considérons la droite qui joint les deux points x, y, formons les coordonnées plückériennes de la droite, c'est-à-dire le tableau des déterminants

$$\begin{matrix} [x_0y_1] \ , & [x_0y_2] \ , & [x_0y_3] \ , \\ [x_2y_3] \ , & [x_3y_1] \ , & [x_1y_2] \ , \end{matrix}$$

et construisons le vecteur complexe, ou *bivecteur,* qui détermine notre droite, à savoir

$$L = i_1L_1 + i_2L_2 + i_3L_3 \ ,$$

avec

$$L_1 = [x_0y_1] + i[x_2y_3] \ , \qquad L_2 = [x_0y_2] + i[x_3y_1] \ ,$$
$$L_3 = [x_0y_3] + i[x_1y_2] \ .$$

Alors les deux formules (4) et (5) de la Géométrie riemannienne se condensent en une seule, la suivante

$$'L = AL\bar{A} \ ; \tag{10}$$

c'est elle qui définit le mouvement des droites attachées au corps mobile, de même que (9) représentait le mouvement des points solidaires du corps.

A ces formules fondamentales (9) et (10), il faudrait joindre celle qui donne le mouvement d'un plan solidaire du corps ;

mais celle-ci n'est pas nouvelle et se confond avec (9). Nous savons en effet que, dans l'espace hyperbolique, le plan est représenté par un point idéal qui lui est équivalent ; la caractéristique d'un tel point x_0, x_1, x_2, x_3, est que ses coordonnées vérifient la relation $f = -1$, au lieu de l'équation $f = +1$, valable pour les points réels. Il est clair que ce changement de signe n'intervient nulle part dans les applications de la formule (9).

Cas de l'espace euclidien

§ 5. Il nous reste en dernier lieu à développer les formules, analogues à (9) et (10), pour le déplacement d'un point, ou d'une droite, dans le cas évidemment le plus important au point de vue pratique, celui de l'espace euclidien ordinaire.

Au lieu de reprendre notre analyse *ab ovo* nous déduirons simplement les formules demandées en les considérant comme des limites de celles déjà connues. En fait, plaçons-nous par exemple dans l'espace de Lobatchewsky, et considérons autour de l'origine une région infiniment petite, puis soumettons la à un déplacement qui soit lui-même infiniment petit. Les lois d'un pareil mouvement ne sont autres que celles d'un mouvement euclidien : c'est sur ce théorème fondamental que je vais m'appuyer pour obtenir le résultat cherché. J'y ajouterai, à cause de l'importance du cas actuel, certains développements qui étaient superflus chez les deux précédents.

Soit donc admis, dans la relation $f = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2$, que les quantités x_1, x_2, x_3 sont des infiniment petits du premier ordre : ce sont simplement les trois coordonnées rectangles ordinaires d'un point de l'espace euclidien.

La quantité

$$x_0 = \sqrt{1 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2} \quad ,$$

devant être positive, diffère de l'unité par une expression du second ordre. En conséquence, au second ordre près, nous aurons

$$\sigma = 1 + i(i_1 x_1 + i_2 x_2 + i_3 x_3) \quad , \tag{11}$$

et de même, après le mouvement lequel, par hypothèse, déplace infiniment peu le point x

$$'\sigma = 1 + i(i_1 x_1' + i_2 x_2' + i_3 x_3') \quad . \tag{11bis}$$

Les calculs doivent être conduits en négligeant partout les puissances des x et des x' supérieures à la première : or ces quantités contiennent toujours l'imaginaire i comme coefficient; *la règle précédente se ramène donc à traiter i comme un infiniment petit dont le carré doit être remplacé par zéro.* La suite montrera la généralité absolue de cette règle.

Reprenons la formule (9) du mouvement hyperbolique, et mettons en évidence dans le quaternion A les parties réelle et imaginaire en écrivant $A = p + qi$, de telle manière que le mouvement euclidien soit défini par la formule quaternionnienne

$$'\sigma = A\sigma\bar{A} = (p + qi)\sigma(\bar{p} - \bar{q}i) \quad . \tag{12}$$

La règle précédente exige que le quaternion q soit un infiniment petit du premier ordre. Pour montrer qu'il en est bien ainsi, remarquons que le déplacement de l'origine, dans les conditions actuelles, doit être considéré comme infiniment petit; autrement dit, il faut que la quantité $A\,\bar{A}$ affecte la forme $1 + \varepsilon_1\, i$ [1].

Remplaçons, dans l'égalité $A\,\bar{A} = 1 + \varepsilon_1\, i$, le quaternion A par sa valeur développée $p + qi$; cette égalité se décompose dans les suivantes

$$p\bar{p} + q\bar{q} = 1 + \varepsilon_2 \quad , \qquad q\bar{p} - p\bar{q} = \varepsilon_1 \quad .$$

D'autre part, A étant unimodulaire, la condition correspondante $A\,\bar{A} = 1$ se dédouble comme suit

$$p\bar{p} - q\bar{q} = 1 \quad , \qquad q\bar{p} + p\bar{q} = 0 \quad .$$

En combinant deux à deux les équations ci-dessus, nous obtenons

$$p\bar{p} = 1 + \varepsilon_2 \quad , \qquad q\bar{q} = \varepsilon_2' \quad , \qquad 2q\bar{p} = \varepsilon_1 \quad ; \tag{13}$$

[1]) La notation ε_k désigne un infiniment petit quelconque d'ordre k.

ainsi, en négligeant comme il le faut, les infiniment petits d'ordre supérieur, on voit que le quaternion p, d'ailleurs quelconque, a l'unité pour module. Quant à q, il est bien, comme nous l'attendions, un infiniment petit du premier ordre ; sa valeur, telle qu'elle résulte du système (13), est

$$q = \frac{\varepsilon p}{2} \quad ,$$

formule dans laquelle ε représente le vecteur équivalent au déplacement de l'origine des axes. Et comme dans la formule $A = p + qi$, le facteur q ne se sépare pas de son coefficient i, il est loisible de traiter q comme une quantité finie, pourvu que i présente les propriétés d'un infiniment petit ; c'était justement le fait à vérifier.

Il y a plus. L'opération

$$A = p + qi = p + \frac{\varepsilon p}{2} i$$

contient une quantité ε de signification géométrique parfaitement connue : c'est, on vient de le voir, le vecteur représentatif du déplacement de l'origine. Pour être complètement informé de la structure de cet opérateur, il reste à déterminer l'interprétation géométrique du quaternion p, et c'est ce qui est facile.

Prenons deux points, avant et après le déplacement, soit par exemple

$$\sigma_1 = 1 + i\xi_1 \quad , \qquad \sigma_2 = 1 + i\xi_2 \quad ,$$
$$'\sigma_1 = 1 + i\xi_1' \quad , \qquad '\sigma_2 = 1 + i\xi_2' \quad ;$$

le vecteur qui joint ces points est représenté, avant le déplacement, par la formule

$$\sigma_2 - \sigma_1 = i\,(\xi_2 - \xi_1) \quad ,$$

laquelle devient, après le mouvement,

$$'\sigma_2 - '\sigma_1 = i(\xi_2' - \xi_1') \quad .$$

Or des relations

$$'\sigma_1 = A\sigma_1\bar{A} \quad , \qquad '\sigma_2 = A\sigma_2\bar{A} \quad ,$$

nous tirons

$$'\sigma_2 - '\sigma_1 = A(\sigma_2 - \sigma_1)\bar{A} \quad ;$$

soit encore, après avoir remplacé les divers quaternions par leurs expressions développées

$$i(\xi_2' - \xi_1') = (p + \frac{\varepsilon p}{2} i) i (\xi_2 - \xi_1)(\bar{p} - \overline{\frac{\varepsilon p}{2}} i) \quad .$$

Cette équation se réduit à la forme très simple

$$\xi_2' - \xi_1' = p(\xi_2 - \xi_1)\bar{p} \quad ,$$

à cause de la propriété $i^2 = 0$. On y lit que p *est le quaternion par le moyen duquel s'opère le changement d'orientation du corps.*

Soient donc en résumé e_0, e_1, e_2, e_3 les paramètres de Rodrigues qui représentent la rotation des axes pendant le mouvement; soient a_1, a_2, a_3 les coordonnées de la nouvelle origine, de sorte que

$$\varepsilon = i_1 a_1 + i_2 a_2 + i_3 a_3$$

soit, par rapport aux anciens axes, le vecteur représentatif de la translation qui conduit l'origine dans sa position finale. Nous aurons alors

$$\begin{aligned} p &= e_0 + i_1 e_1 + i_2 e_2 + i_3 e_3 \quad , \\ \frac{\varepsilon p}{2} &= -\frac{1}{2}(e_1 a_1 + e_2 a_2 + e_3 a_3) + \frac{i_1}{2}(e_0 a_1 + e_3 a_2 - e_2 a_3) \\ &\quad + \frac{i_2}{2}(e_0 a_2 + e_1 a_3 - e_3 a_1) + \frac{i_3}{2}(e_0 a_3 + e_2 a_1 - e_1 a_2) \quad . \end{aligned}$$

Quant au biquaternion représentatif du mouvement,

$$A = p + \frac{\varepsilon p}{2} i \quad ,$$

son expression développée est la suivante

$$A = A_0 + i_1 A_1 + i_2 A_2 + i_3 A_3 \quad ;$$

ou bien, en désignant par un accent la partie réelle, et par deux

accents la partie imaginaire d'une quantité complexe ordinaire(¹), c'est-à-dire en remplaçant $A_k = A_k' + iA_k''$,

$$A = (A_0' + iA_0'') + i_1(A_1' + iA_1'') + \dots + i_3(A_3' + iA_3'') \quad .$$

Souvent encore nous emploierons la notation

$$A = \begin{Bmatrix} A_k' \\ A_k'' \end{Bmatrix} \quad ,$$

pour désigner plus rapidement ce quaternion ; les 8 paramètres qu'il contient sont donnés par le tableau

$$\begin{aligned}
A_0' &= e_0 \quad , & A_0'' &= -\frac{1}{2}(e_1a_1 + e_2a_2 + e_3a_3) \quad , \\
A_1' &= e_1 \quad , & A_1'' &= \frac{1}{2}(e_0a_1 + e_3a_2 - e_2a_3) \quad , \\
A_2' &= e_2 \quad , & A_2'' &= \frac{1}{2}(e_0a_2 + e_1a_3 - e_3a_1) \quad , \\
A_3' &= e_3 \quad , & A_3'' &= \frac{1}{2}(e_0a_3 + e_2a_1 - e_1a_2) \quad . \text{(²)}
\end{aligned}$$

C'est, rappelons-le encore une fois, le quaternion

$$A = \begin{Bmatrix} A_k' \\ A_k'' \end{Bmatrix}$$

qui sert à définir le mouvement des points du corps mobile par la formule

$$'\sigma = A\sigma\underline{\bar{A}} \quad , \qquad (12)$$

et le mouvement des droites appartenant au même corps, par cette autre formule

$$'L = AL\bar{A} \qquad (14)$$

qui correspond à l'équation (10) ; il suffit de chercher la modification qu'entraîne, dans le calcul de cette dernière formule, le fait que nous avons abandonné l'espace hyperbolique, pour nous

¹) J'emploie constamment cette convention plus loin. Plusieurs des formules écrites jusqu'à présent n'y sont pas conformes, il est inutile, je pense, d'attirer l'attention sur ce point.

²) Nous verrons plus loin, à propos du cas de Lobatchewsky, une autre interprétation géométrique de ces formules.

placer dans l'espace euclidien. Le changement, comme on va voir, consiste de nouveau simplement en ceci; *il faut, en opérant la multiplication (14), remplacer* i^2, *non plus par* — 1, *mais par* 0.

En effet, pour passer au cas euclidien, on doit, dans les définitions des trois quantités L_k, remplacer x_0 et y_0 par l'unité, et traiter en outre x_k et y_k, ($k = 1, 2, 3$), comme des infiniment petits du premier ordre. Les L_k deviennent ainsi

$$L_1 = L_1' + iL_1'' = y_1 - x_1 + i\left\{x_2(y_3 - x_3) - x_3(y_2 - x_2)\right\} ,$$
$$L_2 = L_2' + iL_2'' = y_2 - x_2 + i\left\{x_3(y_1 - x_1) - x_1(y_3 - x_3)\right\} ,$$
$$L_3 = L_3' + iL_3'' = y_3 - x_3 + i\left\{x_1(y_2 - x_2) - x_2(y_1 - x_1)\right\} ;$$

avant de les introduire dans la formule (14), divisons-les, chose évidemment possible sans changer cette formule, par la distance $\overline{xy}$, c'est-à-dire par le facteur

$$\sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2} .$$

Après la division L_1', L_2', L_3' expriment les cosinus directeurs de la droite L; L_1'', L_2'', L_3'' en sont les moments $L_1'' = x_2L_3' - x_3L_2'$ etc., par rapport aux axes coordonnés.

C'est dans cette dernière acception que j'emploierai, presque toujours, pour représenter la droite, le *bivecteur*

$$L = i_1L_1 + i_2L_2 + i_3L_3 \quad , \quad \text{ou} \qquad L = \begin{Bmatrix} L_k' \\ L_k'' \end{Bmatrix} \qquad (k = 1, 2, 3) .$$

Mais, quand on applique au cas euclidien la formule (14) ci-dessus, les x_k doivent être regardés comme infiniment petits : il en va donc de même pour les trois moments L_k'', lesquels sont les coefficients de i dans notre bivecteur. Il est donc loisible de regarder ces moments comme des grandeurs finies à condition qu'on traite i conformément à la règle sus-mentionnée.

III. Généralités sur les Coordonnées d'un Corps solide

Coordonnées d'un corps solide

§ 6. Au chapitre précédent je me suis arrêté sur le cas le plus intéressant du mouvement, à savoir celui de l'espace euclidien. Il est clair que c'est lui qui se présentera le plus souvent dans la pratique, et ceci justifiait les détails dans lesquels j'ai cru devoir entrer. Mais pour savoir ce qui dans la théorie est vraiment caractéristique il est inutile, et même quelquefois embarrassant, de s'en tenir à ce cas particulier ; aussi je me placerai souvent dans un espace quelconque, le plus volontiers dans celui de Lobatchewsky.

En résumant pour les trois cas nos explications antérieures nous avons essentiellement le résultat suivant.

Prenons un corps S solidaire d'un système d'axes coordonnés ; la forme de ce corps, trièdre d'axes, ellipsoïde, feuillet, etc., importe peu. Un mouvement imprimé à ce corps le transporte dans une nouvelle position A ; si ce mouvement est caractérisé par le biquaternion

$$A = A_0 + i_1 A_1 + i_2 A_2 + i_3 A_3 = (A_0' + i A_0'') + i_1(A_1' + i A_1'') + \dots ,$$

les 8 paramètres $\begin{Bmatrix} A_k' \\ A_k'' \end{Bmatrix}$ peuvent être considérés comme des *coordonnées* du corps A par rapport au système S.

En outre si on représente un point par le quaternion

$$\sigma = x_0 + i(i_1 x_1 + i_2 x_2 + i_3 x_3) \quad ,$$

et une droite par le vecteur

$$L = i_1 L_1 + i_2 L_2 + i_3 L_3 = \begin{Bmatrix} L_k' \\ L_k'' \end{Bmatrix} \quad ,$$

le mouvement du point et celui de la droite, tous deux rendus solidaires du corps mobile, sont donnés par les opérateurs quaternions

$$A\sigma \underline{A} \qquad \text{et} \qquad A L \bar{A} \quad .$$

Tout ceci est vrai dans les trois géométries ; la distinction entre elles s'établit d'après la propriété imposée à la quantité i, et selon que $i^2 = 1, -1$, ou 0, on se trouve dans l'espace sphérique, hyperbolique ou euclidien. Je répète que je n'aurai guère affaire ici qu'au second cas, lequel comprend, à la limite, le troisième.

Une remarque encore. Nous savons qu'un biquaternion A, unimodulaire, étant donné, il existe toujours un seul corps A dont il est le représentant analytique. Mais la réciproque n'est pas vraie d'une manière absolue, dans ce sens, qu'à un corps A correspondent toujours deux quaternions $\pm A$, égaux et de signes contraires. Il y a là le germe d'une distinction importante dont on verra le développement ci-après.

Composition. Changement d'axes

§ 7. Le biquaternion A, représentatif d'un corps, est unimodulaire, donc

$$(AA) = A_0^2 + A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 = 1 \quad . \tag{15}$$

Or $A_k = A_k' + iA_k''$; ainsi, en décomposant les carrés dans leurs parties réelle et imaginaire, il vient

$$\left.\begin{aligned}(AA)' &= A_0'^2 + A_1'^2 + A_2'^2 + A_3'^2 \\ &\quad - A_0''^2 - A_1''^2 - A_2''^2 - A_3''^2 = 1 \quad ,\end{aligned}\right\} \tag{16}$$

$$\frac{1}{2}(AA)'' = A_0'A_0'' + A_1'A_1'' + A_2'A_2'' + A_3'A_3'' = 0 \quad . \tag{17}$$

Dans le cas euclidien la première de ces formules se simplifie un peu, c'est elle qui servira à fixer les valeurs absolues des quantités $\begin{Bmatrix} A_k' \\ A_k'' \end{Bmatrix}$. Mais la seconde est plus importante parce qu'elle ne concerne que les seuls rapports de nos coordonnées, et qu'elle conserve la même forme dans les trois Géométries.

Il est clair que le système S_0, auquel le corps A est rapporté, intervient pour sa part dans la détermination du quaternion A

qui en caractérise la position. Nous avons, en premier lieu, à apprécier l'influence qu'exerce sur ce quaternion l'échange de S_0 contre un nouveau système de référence S_0'. A cet effet, remarquons d'abord la loi de composition. La voici.

Si un mouvement q est suivi d'un autre mouvement de quaternion p, le point σ devient, après avoir subi le double mouvement (formule 12)

$$pq\sigma\underline{\bar{q}\bar{p}} \quad \text{, soit encore} \quad pq\sigma\underline{\overline{pq}} \quad ;$$

donc, *la succession, dans cet ordre, des mouvements* q *et* p *est remplaçable par le seul mouvement* pq.

En particulier si p conduit S_0 sur S_0', $\bar{p}$ conduit réciproquement S_0' sur S_0.

Une seconde remarque, évidente, mais non moins importante, est la suivante : *le mouvement qui entraîne S_0 sur S_0' donne lieu au même quaternion* p, *que l'on prenne pour système de repère l'un ou l'autre de ces deux trièdres.*

Enfin, une troisième remarque, qui contient la précédente, affirme que *si un mouvement, rapporté au système S_0 admet* q *pour quaternion représentatif et que* p *soit le quaternion équivalent au déplacement S_0 S_0', ce même mouvement admet pour quaternion la quantité* $\bar{\mathrm{p}}\mathrm{q}\mathrm{p}$ *quand on le rapporte au système S_0'.*

En effet, récrivons la formule (12) du mouvement sous la forme

$$\sigma = p\sigma_1\underline{p} \quad ,$$

on peut y considérer $\sigma = x_0 + i_1 x_1 + \cdots$, $\sigma_1 = y_0 + i_1 y_1 + \cdots$, comme les coordonnées anciennes et nouvelles d'un point fixe de l'espace. Soient donc σ et $'\sigma$ les coordonnées, relatives à l'ancien système, des positions extrêmes du corps soumis au mouvement q, σ_1 et $'\sigma_1$ les coordonnées de ces mêmes positions, par rapport au nouveau système d'axes. Nous avons la série d'égalités,

$$'\sigma = q\sigma\underline{\bar{q}} \quad , \qquad \sigma = p\sigma_1\underline{\bar{p}} \quad , \qquad '\sigma = p\sigma_1'\underline{\bar{p}} \quad ;$$

d'où, par élimination des quantités σ et $'\sigma$

$$'\sigma_1 = r\sigma_1\underline{\bar{r}} \quad ,$$

avec

$$r = \bar{p}qp \;;$$

c'est justement le théorème qu'il fallait démontrer.

Soit donc A un corps rapporté au premier système d'axes, et aussi A le quaternion correspondant; remplaçons le mouvement $S_0'A$ par la succession $S_0'S_0$, S_0A, et estimons ces divers mouvements à l'aide du système S_0'; le quaternion cherché, equivalent à ce déplacement $S_0'A$, se détermine par les lemmes précédents, il est

$$(\bar{p}Ap)\bar{p} \qquad \text{, ou encore} \qquad \bar{p}A \;.$$

Voici donc la règle: *si on entraîne le système de repère en lui imprimant le mouvement* p, *le corps représenté autrefois par la lettre A le sera désormais par la combinaison* $\bar{\mathrm{p}}A$.

Il faut y ajouter cette autre règle dont la démonstration est aussi facile.

Dans les mêmes conditions, une droite fixe de l'espace autrefois figurée par le vecteur L s'exprime maintenant par le nouveau vecteur $\bar{\mathrm{p}}L\mathrm{p}$.

Signification géométrique des Coordonnées d'un Corps. Sens d'un corps.

§ 8. Il reste à interpréter géométriquement les coordonnées d'un corps A, et la chose est facile.

Remarquons d'abord que si un mouvement est tel que le quaternion correspondant q ne contienne pas les deux unités i_2 et i_3, ce mouvement, de formule $q\sigma\bar{q}$, change en elles-mêmes chacune des droites $x_2 = 0$, $x_3 = 0$, et $x_0 = x_1 = 0$. Cela résulte immédiatement du fait qu'un point placé sur une de ces droites a pour formule $\sigma = x_0 + i i_1 x_1$, ou $\sigma = i(i_2 x_2 + i_3 x_3)$, et que ces formes se reproduisent par la transformation $q\sigma\bar{q}$; les lois de la multiplication des quaternions le montrent à l'instant. La première de ces droites invariantes est réelle, c'est l'axe de x_1; la deuxième est idéale, elle est conjuguée de l'autre relativement à la quadrique fondamentale $f = 0$.

Posons donc, en mettant en évidence la structure complexe du quaternion q,

$$q = \cos(a + bi) + i_1 \sin(a + bi) \quad , \tag{18}$$

$$\underline{\bar{q}} = \cos(a - bi) - i_1 \sin(a - bi) \quad . \tag{18'}$$

et cherchons par la formule $q\sigma\underline{\bar{q}}$ le déplacement d'un point quelconque de l'une des deux droites invariantes, nous avons à l'instant le double résultat suivant :

1° Pendant le mouvement (18), l'axe des x_1 glisse sur lui-même d'une longueur égale à $2b$. 2° Un plan quelconque, mené par le même axe, tourne d'un angle égal à $2a$.

En résumé, le mouvement dont il s'agit est un mouvement hélicoïdal, autour de l'axe x_1, ayant $2a$ pour rotation et $2b$ pour translation ; le plus souvent j'appellerai *amplitude* d'un pareil mouvement la quantité complexe

$$u = a + bi \quad ;$$

il importe de remarquer qu'elle ne contient que les moitiés des grandeurs des deux mouvements élémentaires. C'est cette amplitude qui intervient seule dans la définition du quaternion (18), dont la formule est ainsi

$$q = \cos u + i_1 \sin u \quad . \tag{19}$$

Passons maintenant au cas général du quaternion représentant un corps A, ou plutôt le mouvement S_0A. On sait qu'un semblable mouvement se réduit toujours à un certain mouvement hélicoïdal, dont je désignerai l'amplitude par u. Cela étant changeons le système de référence et prenons, pour en remplir le rôle, un nouveau système S_0' ayant l'axe hélicoïdal pour son axe des x_1. Dès lors, comme on vient de le voir, le mouvement S_0A, vu par S_0' a pour quaternion la quantité (19) ; si donc p est le quaternion représentatif du changement d'axes S_0S_0', le même mouvement S_0A, vu par S_0, aura pour quaternion

$$A = pq\underline{\bar{p}} = p(\cos u + i_1 \sin u)\underline{\bar{p}} = \cos u + \sin u p i_1 \underline{\bar{p}} \quad .$$

Enfin, dans le système S'_0. l'axe des x_1, rapporté au système même, possède pour vecteur représentatif la quantité i_1 ; donc, à cause de la formule (10) du mouvement des droites, $pi_1 \bar{p}$ est le représentant de l'axe hélicoïdal du mouvement S_0A rapporté au système primitif S_0. Voici donc la règle.

Soit u *l'amplitude du mouvement S_0A, ou encore, comme je dirai volontiers, soit* u *l'intervalle des deux corps S_0 et A, et L le vecteur représentant l'axe hélicoïdal de ce mouvement, alors le quaternion représentant le corps A par rapport au système S_0 a pour composantes* [1],

$$A_0 = \cos u \quad , \qquad A_k = L_k \sin u \qquad (k = 1, 2, 3) \quad . \tag{20}$$

Il importe d'être exactement fixé sur la signification précise de cette règle.

Nous supposons choisi à volonté sur l'axe hélicoïdal, un sens de description, ce qui détermine complètement le vecteur L. Nous admettons que la rotation s'exécute autour de l'axe dans le sens direct, par exemple, dextrorsum ; comme S_0 a pu tourner plusieurs fois autour de L avant d'arriver en A, l'angle $2a$ doit être considéré comme variable de $-\infty$ à $+\infty$. Il est clair que l'amplitude u ne contenant que la moitié de cette rotation, il suffit de la connaître deux tours près, l'addition de 4π étant inefficace. Enfin le glissement $2b$ est complètement défini entre $-\infty$ et $+\infty$; il est positif ou négatif selon que le glissement s'est produit suivant l'axe même ou dans son prolongement.

Selon la valeur de la rotation qu'on aura choisie pour passer de S_0 à A, le quaternion A, des formules (20), pourra seulement se changer dans son contraire $-A$. En conservant ainsi dans ce quaternion le souvenir des opérations géométriques qui ont transformé S_0 en A, on confère au corps A une qualité particulière que j'appelle son *sens;* ce caractère, qui est analogue au

[1]) Il est clair que les coordonnées L employées ici sont *absolues*. Cela signifie que L_1, L_2, L_3 vérifient la condition $(LL) = L_1^2 + L_2^2 + L_3^2 = 1$; comme $L_k = L_k' + iL_k''$, cette condition se dédouble dans les suivantes:

$$(LL)' = \Sigma L_k'^2 - \Sigma L_k''^2 = 1 \quad , \qquad \frac{1}{2}(LL)'' = \Sigma L_k'L_k'' = 0 \ .$$

sens d'une droite indéfinie, change quand le corps tourne d'un tour autour d'un axe quelconque et se reproduit au bout de deux tours. De la sorte les corps (L, u) et $(-L, -u)$ sont regardés comme identiques et donnent lieu au même quaternion : au contraire les corps (L, u) et $(L, u + \pi)$ occupent la même position dans l'espace mais diffèrent par leurs sens. Cette notion de *sens*, pour laquelle il semble difficile de trouver un caractère objectif, purement géométrique, joue néanmoins un grand rôle dans toute la suite. Elle intervient notamment à chaque instant dans le paragraphe suivant.

(A suivre.)

LA LOI DE CHUTE

D'UNE

SPHÉRULE D'HUILE DANS L'AIR

ET LA

CHARGE DE L'ÉLECTRON

PAR

A. SCHIDLOF et **M[lle] J. MURZYNOWSKA**

I. Introduction

Tant qu'il s'agit d'établir d'une façon générale des preuves de la réalité des molécules, chacune des très nombreuses méthodes permettant le calcul du nombre d'Avogadro présente à peu près la même importance et l'accord numérique des résultats a pu exciter, à juste titre, l'admiration des physiciens ; mais si on demande la définition numérique exacte des constantes de la théorie moléculaire peu de déterminations méritent une confiance suffisante.

Abstraction faite du calcul un peu indirect du nombre d'Avogadro qui résulte de la théorie du rayonnement noir, les valeurs les plus sûres sont basées d'une part sur les *lois du mouvement brownien* et d'autre part sur la mesure du *quantum élémentaire de l'électricité,* ce dernier étant relié au nombre d'Avogadro par la valeur de l'équivalent électrochimique, connu avec une très grande précision.

En désignant par N le nombre d'Avogadro et par e la charge

de l'électron (exprimée en unités électrostatiques c. g. s.) on a la relation numérique bien connue :

$$Ne = 2.895 \times 10^{14} \text{ (U. E. S.)} \tag{1}$$

Le tableau suivant réunit un certain nombre de résultats des déterminations les plus précises. Parmi les valeurs fournies par des études récentes nous avons choisi à dessein celles de M. Perrin [1] et celles de M. Millikan [2], d'une part parce qu'elles sont dues à des observations particulièrement soignées et d'autre part parce qu'elles représentent probablement les deux limites extrêmes entre lesquelles on doit situer la véritable valeur du nombre N.

Tableau I

Auteurs	Méthodes	$10^{10}e$	$10^{-23}N$
Plank	Rayonnement noir	4.69	6.15
Perrin	Mouvement brownien	4.22	6.85
Millikan	Chute et ascension des sphérules d'huile	4.77	6.06

Il faut insister sur le fait que les chiffres indiqués par M. Perrin et par M. Millikan résultent de déterminations suffisamment directes et suffisamment précises pour que leur divergence doive nous surprendre. Il ne s'agit plus d'admirer la concordance relative des résultats, mais il est indispensable d'en expliquer le désaccord.

Ajoutons encore que M. F. Ehrenhaft [3] a été amené à nier l'existence de l'électron. Selon ce savant une charge électrique indivisible n'existe pas dans la nature [4]. La charge que peut

[1]) J. Perrin, *Ann. de Ch. et de Phys.* Sept. 1909, p. 1-114, *C. R.* **152**, 1911, p. 1380. Les idées modernes sur la constitution de la matière. Conférences faites en 1912; 1913, p. 1-53.

[2]) R. A. Millikan, *Phys. Rev.* 2. 1913, p. 109. — *Phys. Zeitschr.* **14**. 1913, p. 796.

[3]) F. Ehrenhaft, *Phys. Zeitschr.*, **11**. 1910, p. 490.

[4]) Id. *Wien. Ber.* IIa. **123**. janv. 1914, p. 53.

porter une sphérule semble diminuer indéfiniment avec le rayon (capacité) de la sphérule [1].

Il faut reconnaître que, même indépendamment des preuves expérimentales fournies par MM. Ehrenhaft et par M. Konstantinowsky, le désaccord, encore inexpliqué, entre les résultats de M. Perrin et ceux de M. Millikan formerait un argument sérieux contre l'existence de l'électron, s'il n'y avait pas d'autre part d'importantes raisons d'ordre théorique et expémental pour maintenir, dans l'état actuel de la science, l'hypothèse de la charge électrique élémentaire indivisible [2].

L'extrême importance que présente ce problème pour le développement ultérieur de la physique nous a engagés à entreprendre, au laboratoire de physique de l'Université de Genève, une série de travaux pouvant contribuer à élucider la cause de ces contradictions.

Le présent travail, fait pendant les années 1911 et 1912, est un premier essai tenté dans cette direction. A ce moment le second mémoire de Millikan [3] n'avait pas encore paru et la valeur de e indiquée par cet auteur dans sa première publication [4] semblait être beaucoup trop grande, non seulement en comparaison de celle qui résultait des recherches de M. Perrin [5] d'après la formule (1), mais aussi en comparaison de la valeur que M. Planck a calculée au moyen de la loi de rayonnement.

Nous avons pensé, et le second travail de M. Millikan ainsi que le nôtre ont confirmé cette idée, que le désaccord pouvait être dû, au moins en partie, à la loi de résistance de l'air utilisée par M. Millikan pour calculer les rayons des sphérules observées.

Pour éprouver cette loi il fallait étudier le mouvement des plus petites sphérules qu'on pût observer. En même temps, en déterminant les charges électriques portées par de très petites gouttes, nous espérions atteindre le domaine exploré par

[1]) D. Konstantinowsky., *Wien Ber.*, IIa. **123**. octobre 1914, p. 1697.

[2]) Cf. C.-E. Guye, C. R. des séances de la Soc. de Phys. de Genève. *Arch.*, **39**, 1915, p. 190.

[3]) R. A. Millikan, *l. c.*

[4]) Id., *Phys. Rev.*, **32**, 1911, p. 349. *Phys. Zeitschr.*, **11**, 1910, p. 1097.

[5]) J. Perrin, *l. c.*

M. Ehrenhaft et obtenir, si possible, une indication relative à l'existence des sous-électrons.

Le mode de production des sphérules utilisé par M. Millikan (pulvérisation mécanique d'un liquide) nous a paru particulièrement simple et de plus conforme au but, puisqu'il permet d'obtenir des sphérules de toutes les dimensions ; nous avons donc adopté ce procédé et nous avons de même imité M. Millikan dans le choix du liquide pour éviter des tâtonnements inutiles. Nous n'avons d'ailleurs pas eu recours à l'huile spéciale (particulièrement visqueuse) employée par cet auteur dans ses expériences définitives, mais nous avons pulvérisé de l'huile d'olive. Il se peut (quoique nous ne l'ayons pas observé au cours de nos expériences) que ce corps soit légèrement volatile, sous forme de petites gouttes ; mais nous sommes certains que cet effet n'a pas pu influer sur la précision de nos observations.

Ayant en vue surtout de rechercher la cause du grand désaccord entre les résultats de M. Perrin et ceux de M. Millikan nous ne nous sommes pas proposé d'atteindre une précision supérieure à 1 %. *Par contre nous avons pris des précautions pour que le résultat définitif présente effectivement cette précision en valeur absolue.*

A cet effet nous avons tenté :

1. De simplifier dans la mesure du possible le dispositif expémental.

2. D'éliminer parmi les causes d'erreur quelques-unes dont l'importance est dificile à évaluer.

En ce qui concerne le second point, la pulvérisation mécanique d'un liquide paraît être une méthode excellente pour produire des particules d'une forme sphérique parfaite, auxquelles par conséquent on peut appliquer sans hésitation les lois théoriques de résistance. D'autre part de très petites sphérules liquides doivent se comporter à peu près comme des sphérules solides en raison de la pression capillaire élevée qui règne à leur surface [1].

[1] M. Hadamard (*C. R.* 152, 1911, p. 1735), a d'ailleurs prouvé que l'objection soulevée par M. Perrin, contre l'emploi des sphérules liquides, ne peut avoir en tous cas qu'une très faible importance.

II. Principe de la méthode

La méthode de détermination de la charge de l'électron de J. S. Townsend (1), J. J. Thomson (2), H. A. Wilson (3) a subi des modifications heureuses de la part de F. Ehrenhaft (4) et surtout de la part de R. A. Millikan (5). Nous la décrirons sous la forme due à ce dernier auteur.

Une petite goutte d'huile produite et chargée par pulvérisation mécanique tombe entre les deux plateaux, disposés horizontalement, d'un condensateur plan. On détermine sa vitesse de chute v_1 reliée à la masse de la goutte m par la loi de résistance

$$mg = \frac{v_1}{\mathrm{B}} \quad . \tag{2}$$

Dans cette formule g est l'accélération de la pesanteur et B la « mobilité » de la goutte, c'est-à-dire la force nécessaire pour imprimer à la goutte la vitesse 1 (6). La mobilité ne dépend que du milieu gazeux où se fait l'expérience et du rayon de la sphérule. La loi théorique qui exprime B en fonction du rayon sera indiquée plus loin.

En opposant à l'action de la pesanteur celle d'un champ électrique d'intensité F on peut faire remonter la goutte avec

1) J. S. Townsend, *Phil. Mag.*, **45**, 1898, p. 125.

2) J. J. Thomson, *Ibid.*, **46**, 1898, p. 528; **48**, 1899, p. 547; **5**, 1903, p. 346.

3) H. A. Wilson, *Ibid.*, **5**, 1903, p. 429.

4) F. Ehrenhaft, *Wien. Ber.*, IIa. **118**. Mars 1909, p. 321.

5) R. A. Millikan, 1910, *l. c.*

6) Nous avons simplifié la formule que le lecteur trouvera sous une forme plus complète dans les mémoires de M. Millikan. En réalité $\frac{v_1}{B}$ est égal au *poids apparent* de la goutte, c'est-à-dire au poids véritable diminué du poids du fluide déplacé. Nous négligeons le terme relatif à la poussée aérostatique parce qu'il est sans importance, vu le degré de précision que nous nous sommes proposé d'atteindre dans ces expériences.

une certaine vitesse d'ascension v_2. Soit E la charge portée par la goutte. On a :

$$EF - mg = \frac{v_2}{B} \quad . \qquad (3)$$

On peut répéter ces opérations indéfiniment et on constate alors qu'au bout d'un certain temps la vitesse v_2 change brusquement, par suite d'une variation spontanée de la charge E. Il est toutefois indiqué de ne pas attendre le changement spontané de la charge qui souvent tarde de se produire, mais de provoquer ce changement en augmentant l'ionisation du gaz à l'intérieur du condensateur par l'action des rayons d'une préparation de radium ou par celle des rayons X.

Si la goutte est fortement chargée on constate alors ordinairement une brusque diminution de la vitesse d'ascension v_2 correspondant souvent au départ d'un assez grand nombre d'électrons, mais si la goutte est faiblement chargée ($E \lessapprox 10\,e$) on peut enlever ou ajouter les électrons un à un. On peut aussi, sans grande difficulté, produire des changements du signe de la charge.

Pour prouver l'existence de l'électron il est nécessaire de montrer que toutes les charges E que peut prendre une même goutte sont des multiples entiers d'une charge unique e, c'est-à-dire qu'on a :

$$E = ne \quad ,$$

n étant un nombre entier et, pour des petites gouttes, même un petit nombre entier.

Or il résulte de (2) et de (3) que :

$$EF = \frac{v_1 + v_2}{B} \quad . \qquad (4)$$

L'intensité du champ étant constante il suffit de prouver que les différentes valeurs de la somme $v_1 + v_2$ sont dans un rapport exprimé par des *nombres entiers simples,* c'est ce que nous appellerons pour abréger la *loi des multiples entiers.* Elle se vérifie très facilement avec une exactitude surprenante.

Cette preuve simple de l'existence de l'électron n'est pas

suffisante. Il se pourrait, quoique cela paraisse peu vraisemblable, que la valeur de la charge e varie d'une goutte à l'autre, qu'elle dépende, par exemple, des dimensions de la goutte.

Pour avoir la preuve irréfutable de l'existence de l'électron, il faut avoir recours à la détermination absolue de e. Celle-ci ne peut être obtenue qu'à l'aide de la loi théorique exprimant B en fonction du rayon a de la sphérule. Cette loi connue, l'équation (2) fournit le rayon a et (3) permet ensuite de calculer la valeur absolue de e.

C'est là manifestement le point le plus faible de la méthode de Millikan et il serait à souhaiter que le rayon a puisse être déterminé par un moyen plus direct, mais on n'a pas encore trouvé jusqu'à ce jour une méthode plus précise pouvant servir de contrôle.

Comme loi de résistance on utilise pour de petites sphérules, en suivant l'exemple de R. A. Millikan et de F. Ehrenhaft, la loi de Stokes-Cunningham [1] basée sur des considérations théoriques.

Pour beaucoup de raisons cette loi ne semble pas être absoment exacte. Elle peut être remplacée par une formule empirique plus précise indiquée par M. Knudsen et S. Weber [2], qui pour les sphérules dont il s'agit ici se réduit à une expression de même forme que celle de Cunningham.

Quelle que soit d'ailleurs la loi utilisée il faudra déterminer les coefficients empiriques qu'elle renferme, ce qu'on ne peut faire *qu'en admettant à priori l'existence de la charge élémentaire, rendue très vraisemblable par la vérification de la loi des multiples entiers pour chaque goutte à part.*

La loi de résistance de Stokes-Cunningham peut être mise sous la forme :

$$B = \frac{1 + A\frac{l}{a}}{6\pi\eta a} , \qquad (5)$$

a représentant le rayon de la sphérule, η le coefficient de viscosité du milieu (l'air), l le libre parcours moyen des molécules

(1) E. Cunningham. *Proc. R. Soc. Lond.*, **83**, 1910, p. 357-365.
(2) M. Knudsen et S. Weber, *Ann. d. Phys.* **36**, 1911, p. 981.

du gaz et A un cofficient numérique dont la valeur doit être comprise entre les limites 1,63 et 0,815.

Le produit

$$Al = K \tag{6}$$

est donc un coefficient dont la valeur doit être déterminée expérimentalement. Nous l'appellerons le *coefficient de correction de Cunningham.*

En première approximation, pour des sphérules de grand rayon a, on a :

$$B = \frac{1}{6\pi\eta a} \quad . \tag{7}$$

C'est la loi hydrodynamique bien connue de Stokes [1]. Cette loi, qui ne renferme plus de coefficient inconnu, permet le calcul approximatif du rayon de la goutte et de la charge qu'elle porte. Nous nommerons les valeurs a' et E' calculées au moyen de la loi de Stokes (7) les « *valeurs apparentes* » du rayon et de la charge. On trouve, en désignant par σ la densité de la goutte :

$$a' = \sqrt{\frac{9\eta v_1}{2\sigma g}} \quad , \tag{8}$$

$$E' = \frac{6\pi\eta}{F}\sqrt{\frac{9\eta v_1}{2\sigma g}}\,(v_1 + v_2) \quad . \tag{9}$$

Le rayon véritable a résulte de la formule de Stokes-Cunningham (5) suivant laquelle, eu égard à (6), on trouve :

$$a^2 + Ka = a'^2 \quad . \tag{10}$$

Cette équation de second degré permet le calcul de a aussitôt qu'on connaît le *coefficient de correction* K.

Pour déterminer ce dernier remarquons qu'on a pour la charge véritable

$$E = \frac{6\pi\eta a}{1 + \frac{K}{a}}\,(v_1 + v_2) \quad .$$

[1]) G. G. Stokes, *Camb. Traus. Phil. Soc.*, **9**, 1849, p. 48.

En utilisant l'égalité

$$a = \frac{a'}{\sqrt{1 + \frac{K}{a}}} ,$$

ainsi que les équations (8) et (9), on peut écrire :

$$E = \frac{E'}{\left(1 + \frac{K}{a}\right)^{3/2}} .$$

La même relation existe entre la valeur véritable e et la valeur apparente e' de la charge élémentaire. On a donc

$$e = \frac{e'}{\left(1 + \frac{K}{a}\right)^{3/2}} . \qquad (11)$$

Supposons qu'on ait déterminé e' pour deux gouttes de rayons suffisamment différents a_1 et a_2. On a deux valeurs apparentes de la charge élémentaire e'_1 et e'_2 qui doivent satisfaire à l'équation (11) où e est une constante. De là résulte une première équation renfermant trois inconnues, à savoir K et les deux rayons a_1 et a_2. Mais les deux rayons doivent satisfaire de plus à l'équation (10) qu'on peut établir pour chacune des deux sphérules à part.

L'élimination des inconnues a_1 et a_2 entre les trois équations permet le calcul de K [1]. Si plusieurs déterminations de ce genre conduisent à des valeurs concordantes du coefficient K, on peut considérer ce fait comme une vérification de la formule théorique (5).

De plus, la valeur de K étant ainsi déterminée, on peut déduire de chaque observation isolée la valeur de la charge élémentaire e au moyen des formules (8) (9) (10) et (11).

La constance de e dans toutes les observations ne peut être attribuée à une compensation fortuite ; elle prouve donc l'existence de la charge élémentaire. Les différentes mesures dont dépend la valeur absolue de e étant d'ailleurs très simples et susceptibles d'une précision considérable le résultat mérite certainement une grande confiance.

[1]) Nous indiquerons plus loin les détails de ce calcul.

III. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental comprend :

a) le pulvérisateur ; *b)* le condensateur ; *c)* l'appareil d'éclairage et d'observation (dispositif optique) ; *d)* l'appareil pour établir et pour supprimer le champ électrostatique (dispositif électrique).

De plus nous avons utilisé un chronographe marquant les vingtièmes de seconde [1] pour mesurer les durées de chute et d'ascension des gouttes et un thermomètre, placé près du condensateur, pour maintenir sous contrôle la température de l'air.

a). *Pulvérisateur.* Pour la production des gouttes d'huile nous avons utilisé un « vaporisateur » du genre le plus commun. On a choisi parmi un certain nombre de ces instruments celui qui semblait donner les plus petites gouttes. L'huile fut pulvérisée au moyen d'une poire de caoutchouc actionnée à la main. Le liquide pulvérisé arrivait dans un récipient ouvert qui se trouvait au-dessus du condensateur sans être en communication étanche avec celui-ci. Cette disposition nous a paru d'abord avantageuse parce qu'elle nous permettait de fermer complètement le condensateur après l'introduction des gouttes.

Elle présentait par contre cet inconvénient que les gouttes d'huile n'arrivaient que par hasard dans le petit orifice du plateau supérieur du condensateur. Il fallait par conséquent attendre longtemps avant de pouvoir commencer l'observation des gouttes. Pour cette raison nous avons préféré plus tard de relier au condensateur par une tubulure, un récipient fermé qui recevait les gouttes d'huile. Les gouttes étaient alors chassées dans le condensateur par le courant d'air.

En même temps on pouvait ainsi maintenir les gouttes à l'abri des poussières qui flottent dans l'air. La communication entre le récipient et le condensateur pouvait être interceptée

[1]) Mais nous nous sommes contentés, en général, de noter les dixièmes.

au moyen d'un robinet au moment où l'on commençait l'observation d'une goutte.

La charge électrique des sphérules produite par la pulvérisation était fréquemment insuffisante. Nous avions alors recours à une machine Wimshurst dont l'un des pôles communiquait avec une armature en papier d'étain entourant le flacon d'huile, tandis que l'autre était relié au tube métallique du pulvérisateur. Cet artifice nous permit également d'obtenir à volonté des gouttes portant une charge positive ou négative.

b). *Condensateur*. Le condensateur comprenait deux plateaux de laiton séparés par un anneau d'ébonite dont le diamètre intérieur était de 10 cm. et dont la hauteur, exactement mesurée, 0,5 cm. Cet anneau était muni de trois ouvertures, d'une largeur de 3 cm. chacune, sur lesquelles on avait appliqué des lames de verre à faces parallèles mastiquées à la gomme-laque, le tout fermé d'une façon étanche.

Par les deux fenêtres diamétralement opposées 1 et 2 (voir fig. 1) passait le faisceau éclairant. La troisième fenêtre servait pour l'observation des gouttes.

Ce condensateur emprisonnait un volume d'air de 37 cm^3 environ. Grâce à la petitesse du volume d'air enfermé nous n'avions besoin d'aucun artifice spécial pour atténuer les courants de convection. Des perturbations dues à cette cause ne se sont jamais manifestées au cours de ces recherches.

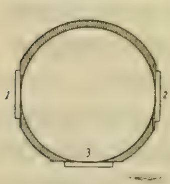


Fig. 1

Le plateau supérieur du condensateur était muni d'un très petit orifice par lequel arrivaient les gouttes d'huile. Cet orifice placé dans le fond d'une cavité sphérique fut fermé après l'arrivée des gouttes au moyen d'une petite balle de plomb.

Plus tard, lorsque nous avions établi une communication étanche avec le réservoir qui recevait les gouttes pulvérisées, nous avons ménagé dans la paroi en ébonite du condensateur une petite ouverture fermée par du coton.

c). *Dispositif optique*. Les particules d'huile furent éclairées au moyen d'un arc voltaïque (courant alternatif de 25 à 30 Ampères, arc à flammes, charbons « Noris-Chromo »). Les char-

bons étaient fixés à un support permettant un réglage micrométrique dans toutes les directions. Le support se trouvait à l'intérieur d'une lanterne de projection dont le condensateur rendait légèrement convergent le faisceau sortant. Ce faisceau traversait d'abord une grande cuve en verre à faces parallèles renfermant environ 30 litres d'eau, puis il était concentré au moyen d'une simple lentille achromatique sur la région où se trouvait la particule maintenue en suspension.

Ce genre d'éclairage ultramicroscopique, en somme assez rudimentaire, nous a permis d'observer sans difficulté et souvent pendant des heures des sphérules d'huile d'un rayon de 4×10^{-5} à 3×10^{-5} cm.

Suivant l'exemple de M. Millikan, nous avons intercepté le faisceau éclairant au moyen d'un obturateur photographique, en n'éclairant la particule que pendant le temps nécessaire pour observer les passages sur les fils du réticule.

Les observations se faisaient au moyen d'une lunette dont l'objectif avait un diamètre de 3 cm. et une distance focale de 12,5 cm. environ. Le tirage de la lunette fut maintenu invariable et tel que la particule observée se trouvait à peu près à la double distance focale de l'objectif. La lunette était portée par un chariot qu'on pouvait déplacer micrométriquement pour mettre au point.

Les gouttes d'huile apparaissent dans le champ de la lunette sous forme de points brillants sans diamètre apparent. Suivant la grosseur des gouttes l'image est plus ou moins lumineuse, mais elle se détache en général assez bien du fond qui, selon les conditions de l'éclairage, n'est pas toujours très sombre.

Le réticule de la lunette se compose de quatre fils dont l'un est vertical et les trois autres horizontaux. Les trois derniers sont séparés par des distances égales. (Nous avons vérifié l'égalité rigoureuse de ces distances au moyen du cathétomètre). La distance apparente entre les deux fils extrêmes (parcours de chute ou d'ascension des gouttes) peut varier par suite du changement du tirage de la lunette entre les deux limites extrêmes :

$$\delta = 0.285 \text{ cm.} \qquad \text{et} \qquad \delta = 0{,}247 \text{ cm.}$$

Dans presque toutes nos observations la distance δ présente la première de ces valeurs.

c). *Dispositif électrique.* Pour produire l'ascension des particules nous avions à notre disposition une batterie d'accumulateurs de grande capacité (plusieurs centaines d'ampère-heure) dont la tension variait, suivant l'état de charge, entre les limites de 98 et de 100 volt; elle était pratiquement invariable pendant les quelques heures que pouvait durer l'observation d'une même goutte. Nous avons mesuré la différence de potentiel aux bornes du condensateur au moyen d'un voltmètre de précision de Siemens et Halske vérifié au potentiomètre par comparaison avec un étalon Weston de Carpentier. Cette mesure est certainement exacte à 0,1 % au moins.

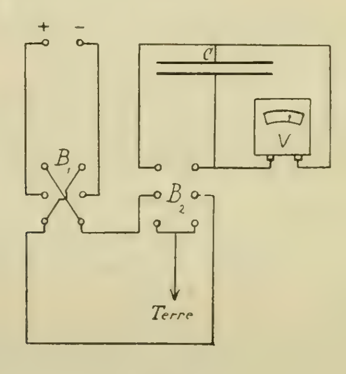


Fig. 2

Le circuit du condensateur est représenté par le schéma ci-contre (fig. 2). Les pôles de la batterie (marqués + et —) sont reliés à un premier commutateur à bascule B_1 dont la position indique immédiatement le signe de la charge portée par la goutte observée.

Le second commutateur à bascule B_2 permet de relier à volonté les deux plateaux du condensateur C soit aux deux pôles de la batterie soit à la terre. En dérivation sur le condensateur est branché le voltmètre de Siemens et Halske V.

Telle était la disposition adoptée habituellement. Dans un certain nombre d'expériences nous avons déterminé pour des

gouttes chargées la différence de potentiel d'équilibre, c'est-à-dire celle qui était nécessaire pour maintenir la goute immobile. Dans ce but nous avons fait passer le courant de la batterie par une grande résistance, et branché le condensateur sur une fraction variable de cette résistance.

Dans d'autres expériences nous avons diminué ou augmenté la vitesse de descente de la goutte en opposant ou en ajoutant à l'action de la pesanteur celle d'un champ électrique. Nous n'exposerons pas dans la suite les détails de ces expériences parce qu'elles n'offrent pas d'intérêt pour le but visé dans ce mémoire.

L'ensemble du dispositif que nous avons utilisé est d'une simplicité extrême. Les appareils nécessaires se trouvent probablement dans chaque laboratoire moderne tant soit peu outillé. La concordance que montrent les résultats des observations fut d'autant plus remarquable.

Cela nous a engagés à apporter un grand soin aux quelques mesures absolues d'ailleurs très simples dont dépend l'exactitude du résultat définitif. Nous indiquerons plus loin la précision que nous avons cherché à réaliser dans ces mesures et le lecteur reconnaîtra que la valeur absolue obtenue pour la charge de l'électron présente probablement une exactitude supérieure à 1 % que nous nous sommes proposé d'atteindre.

(A suivre).

LA ZONE DES COLS

ENTRE

RHÔNE ET GRANDE-EAU

PAR

Charles SARASIN

(Suite [1])

B. *La nappe de la Brèche*

Les caractères stratigraphiques de la série du Chamossaire suffiraient déjà absolument pour lui donner un caractère tout à fait étranger au milieu des formations qui l'encadrent. Ses caractères tectoniques confirment le fait, démontrant qu'elle est partout en chevauchement mécanique sur ce qu'elle recouvre et qu'elle est de nouveau chevauchée par ce qu'elle supporte, sans avoir de liaison synclinale ni avec le pli sous-jacent, ni avec le pli sus-jacent. Nous avons vu que vers le N.-W. la série du Chamossaire recouvre le Flysch du pli III et commence à sa base par des calcaires dolomitiques et des cornieules du Trias ; vers l'E. le Flysch sous-jacent s'amincit et diparaît à peu près complètement ; pourtant il en subsiste des lambeaux, ainsi dans la fenêtre de Conches et dans le versant S. de la Chaux-Ronde, où une écaille de Flysch est prise entre deux zones de Trias, par suite, évidemment, d'une imbrication.

Dans son ensemble, la masse des calcaires du Chamossaire forme une grande dalle, faiblement incurvée en synclinal et

[1]) Voir *Archives,* t. XL, p. 291.

s'abaissant, comme du reste tous les plis de la zone des Cols, vers le N.-E. Les formations triasiques et liasiques y sont en série normale ; leur épaisseur varie dans des proportions considérables et parfois très brusquement, comme cela se passe dans un complexe intensément laminé et peu plastique ; le Trias de la base, très épais par places, manque ailleurs complètement. Entre le bois du Tomelet et Vers-l'Eglise, le complexe du Chamossaire n'apparaît nulle part, quoiqu'il doive normalement s'y trouver entre les anticlinaux III et IV ; il peut y exister sous forme de zone très amincie, cachée par le Quaternaire, mais il est plus probable qu'il est complètement déchiré par laminage.

La série du Chamossaire forme une masse principale, qui comprend le Chamossaire, la Chaux-Ronde et les environs du lac des Chavonnes. Cette masse présente plusieurs ondulations, sur lesquelles il n'est pas nécessaire d'insister ici ; au S. de Bretaye elle est coupée par une ligne de fracture très nette, suivant laquelle les deux rochers, formés de calcaire du Chamossaire, de l'Aiguille et du Roc-à-l'Ours se sont affaissés relativement à la masse principale.

Plus à l'E., on trouve une zone de calcaires du Chamossaire dans le haut du bois du Tomelet jusqu'au-dessus du chalet de Crozet. Cette zone raccorde pour ainsi dire la masse principale de ces calcaires avec de gros affleurements des mêmes formations qui apparaissent au N. de Perches et à l'W. de Lavanchy ; elle passe entre le Dogger de notre anticlinal III et une série chevauchante de Dogger et de Flysch qui forme la crête du Veysevey-de-Perches et appartient à l'anticlinal IV. Dans la région entre Perches et Lavanchy, les gros bancs de calcaires du Chamossaire s'enfoncent au S.-E. sous une série chevauchante très laminée, formée de Trias, de Lias, de Dogger et de Flysch qui appartient au même pli IV. Le même chevauchement se retrouve plus au S., au S. de Perches, sur l'arête qui relie la Chaux-Ronde à l'Encrenaz, avec cette différence que, sauf un petit paquet de cornieules pris dans le plan de chevauchement, c'est la Brèche polygénique du pli IV qui couvre directement le calcaire du Chamossaire.

Pour retrouver au S. de la vallée des Ormonts des affleu-

rements de calcaire du Chamossaire, il faut aller à l'E. jusqu'au rocher du Truchaud, à l'W. du village des Diablerets. Là on voit ces calcaires former un chapeau sur une colline, dont la partie principale est constituée par du Dogger et du Lias du pli III. Par contre, sur le versant droit de la vallée, les calcaires du Chamossaire forment une zone continue, qui apparaît vers les Planards, au-dessus de Vers-l'Eglise, et se suit ensuite, en s'élevant progressivement vers le N.-W. jusqu'au pied du Chaussy, du côté de l'W. Ici je n'ai trouvé du Trias au pied des rochers liasiques que sur un point, vers Oudioux, où émergent un peu de cornieules.

Ainsi, de tout ce qui précède, il résulte que la série du Chamossaire, masse étrangère au milieu de la zone des Cols, se superpose partout à notre anticlinal III et joue, relativement aux formations de ce pli, le rôle que jouerait une couverture normale. Vers le S.-E., elle s'enfonce sous la masse chevauchante de notre pli IV, suivant une ligne passant à peu près par Perches, Lavanchy et le village des Diablerets. Elle forme ainsi entre les anticlinaux III et IV de la zone des Cols, une sorte de cœur synclinal effilé, laminé et même complètement déchiré par places.

C. *Groupe des plis supérieurs*

A plusieurs reprises déjà, à propos du pli III et de la nappe du Chamossaire, j'ai eu l'occasion de parler d'un anticlinal IV, qui se superpose le plus souvent à la seconde, parfois, lorsque celle-ci est déchirée, sur le premier ; sur un point même, au S.-E. de Vers-l'Eglise, cet anticlinal se superpose directement sur le Flysch du pli II par suite du déchirement non seulement de la nappe du Chamossaire, mais encore du pli III.

L'anticlinal IV est limité au S.-W. par une ligne passant par Coufin, au S. du Col de la Croix, Ensex, Perches et les Chavonnes. C'est à lui qu'appartient l'énorme masse de Trias qui forme tous les abords du Col de la Croix et la montagne des Greys et qui se continue par le Col du Pillon. Ce Trias, qui plonge d'abord au N.-W., en s'appuyant sur le front du pli des Diablerets, s'incurve bientôt synclinalement de façon à re-

monter vers la ligne Ensex, le pied de la Tête de Meilleret et Ruvine. En même temps il s'amincit très brusquement jusqu'à être réduit à une faible zone discontinue de cornieules. Nous avons vu déjà qu'il chevauche aux environs d'Ensex sur le dos du pli III, un peu plus au N., entre Chaux-Ronde et Encrenaz, sur le calcaire du Chamossaire, qui s'insinue entre lui et le pli III, à la Ruvine, au S. de Vers-l'Eglise, sur le Flysch du pli II. Ce Trias porte une série de Lias et Dogger, dont l'épaisseur varie dans des proportions considérables par suite de laminage et qui est surtout bien développée dans les pentes E. de la Tête de Meilleret et plus au N., dans les pentes de la Joux-Noire, au S. de Vers-l'Eglise, tandis qu'elle paraît manquer complètement au-dessus d'Ensex. Sur ces couches jurassiques se superposent d'abord les schistes argileux et gréseux du Flysch, puis les brèches polygéniques, qui forment tous les sommets des Velards, de la Crête d'Ensex, de la Tête de Meilleret, de la Truche, et tout le haut des pentes qui descendent de là vers les Ormonts.

Le Dogger de la Joux-Noire, après avoir été caché sous les éboulis de Flysch, reparaît au N. de Lavanchy et, comme nous l'avons vu déjà, dans la région de Lavanchy et de Perches une série normale, très laminée, de cornieules, de Lias, de Dogger et de Flysch chevauche sur les calcaires du Chamossaire. Le Flysch du Veysevey-de-Perches est un lambeau de recouvrement appartenant encore à l'anticlinal IV.

Le chevauchement du pli IV sur le pli III et la nappe du Chamossaire est donc évident entre le Col de la Croix et la vallée des Ormonts ; il est encore plus net et prend une plus grande ampleur sur le versant droit de cette vallée. Nous en commencerons l'étude par une coupe relevée le long du torrent du Plan, qui remonte du hameau du même nom dans la direction d'Ayerne. Directement au-dessus du sentier conduisant des Diablerets à La Ville, affleurent des calcaires noirs en bancs separés par des lits marneux, que j'attribue au Dogger de l'anticlinal III ; ensuite vient une zone de cornieules et de calcaires dolomitiques, puis sur ces couches se superposent deux mètres environ de calcaires spathiques du Sinémurien, les schistes liasiques et une puissante série de calcaires et

schistes du Dogger. Sur ce Dogger vient une nouvelle zone de schistes liasiques, peu épaisse, qui est surmontée par un gros banc de cornieules. Cette coupe nous montre une série normale qui correspond à l'anticlinal IV et, au-dessus, le jambage renversé d'un pli qui deviendrait l'anticlinal V. La série normale inférieure, dont le plongement à l'E. est très faible, doit s'insinuer vers l'W. entre les grès du Flysch qui affleurent aux environs de La Ville et les calcaires du Chamossaire qui se trouvent un peu au-dessous, vers les Planards ; elle doit, comme cela se passe plus au S., s'amincir rapidement vers le N.-W. jusqu'à disparaître, en sorte que le Flysch de sa couverture vient à reposer directement sur les calcaires du Chamossaire, ou à peu près, comme cela se passe sur l'arête d'Encrenaz. Entre les Planards et l'éperon S.-W. du Chaussy, le contact des calcaires du Chamossaire avec les formations susjacentes n'apparaît nulle part, mais partout on trouve, peu au-dessus des calcaires du Chamossaire les grès du Flysch, qui, représentent donc à peu près seuls l'anticlinal IV dans cette région. L'extension du revêtement quaternaire empêche du reste ici des observations plus précises.

Quant à l'anticlinal V, je ne l'ai pas étudié en détail, mais on peut le suivre dans la direction du Col du Pillon, où les deux zones de Trias séparées par une zone de schistes jurassiques représentent l'un le pli IV, l'autre le pli V.

Le Flysch du Chaussy, de la Cape-au-Moine et de la Palette-du-Mont représente donc la couverture tertiaire d'au moins deux plis, nos anticlinaux IV et V. Cette couverture s'est décollée de son soubassement mésozoïque et a été entraînée beaucoup plus loin que celui-ci vers le N.-W. ; elle a formé une vaste masse isoclinale, dans laquelle la délimitation des unités tectoniques est très difficile.

D. *Les relations des plis de la zone des Cols avec les fronts des plis haut-alpins*

Dans la région qui nous occupe, les formations des Préalpes internes entrent en contact intime et compliqué avec celles qui forment le front de la nappe des Diablerets. Nous avons vu

déjà que le Trias, qui relie nos anticlinaux II et III l'un à l'autre, s'enfonce en une pointe synclinale profonde sous la nappe des Diablerets, pénétrant jusque dans le territoire du Pas-de-Cheville et de Derborence. Ce Trias s'appuie au S.-E. sur la lame bien connue de Néocomien à Céphalopodes du Pas-de-Cheville qui, elle-même, recouvre le front du pli de Morcles et qu'il faut considérer comme une vaste lame de charriage entraînée dans le plan de recouvrement de la nappe des Préalpes internes sur les formations haut-alpines.

Le front de la nappe des Diablerets comprend trois digitations, qui sont encapuchonnées par les formations de la zone des Cols : l'une qui est formée essentiellement par les grès de Taveyannaz des Rochers-du-Van avec un cœur crétacique au-dessus de Solalex ; la seconde, dont le Néocomien et l'Urgonien recouvrent les grès de Taveyannaz de la première entre les Rochers-du-Van et le Culand et descendent vers le N., pour former une charnière anticlinale plongeante entre Chatillon et Taveyannaz ; la troisième, dont le jambage renversé de Nummulitique et d'Urgonien forme le pied des parois du Culand et qui se suit du versant N. du Culand jusque dans le fond du Creux-de-Champ. Dans ces trois digitations on constate la même tendance des grès de Taveyannaz à se décoller de leur soubassement pour s'avancer loin au N.-W. en des têtes plongeantes et effilées ; c'est ainsi que les grès de Taveyannaz de la digitation inférieure forment une masse isoclinale, qui descend depuis les Rochers-du-Van jusqu'au fond du cirque de Coufin, au N.-E. de Taveyannaz. Les grès de Taveyannaz de la digitation de Chatillon descendent dans les deux versants de la Pointe d'Arpille, soit vers Coufin, soit vers Culand et Moille-Riondaz. Mais le fait est surtout marqué pour la troisième digitation, celle du Culand ; ici, en effet, l'anticlinal néocomien, déjeté au N. mais non culbuté, n'est pas profondément ouvert et on peut admettre que les charnières de l'Urgonien et des calcaires nummulitiques n'étaient ni culbutées, ni effilées. tandis que les grès de Taveyannaz correspondant à cette digitation se couchent d'abord à peu près horizontalement à la Pointe de Préserman sur un complexe imbriqué de formations préalpines, puis s'enfoncent au N.-W.

dans la direction de l'Eau-Froide, où ils se terminent en une tête culbutée, complètement encapuchonnée par ces mêmes sédiments préalpins.

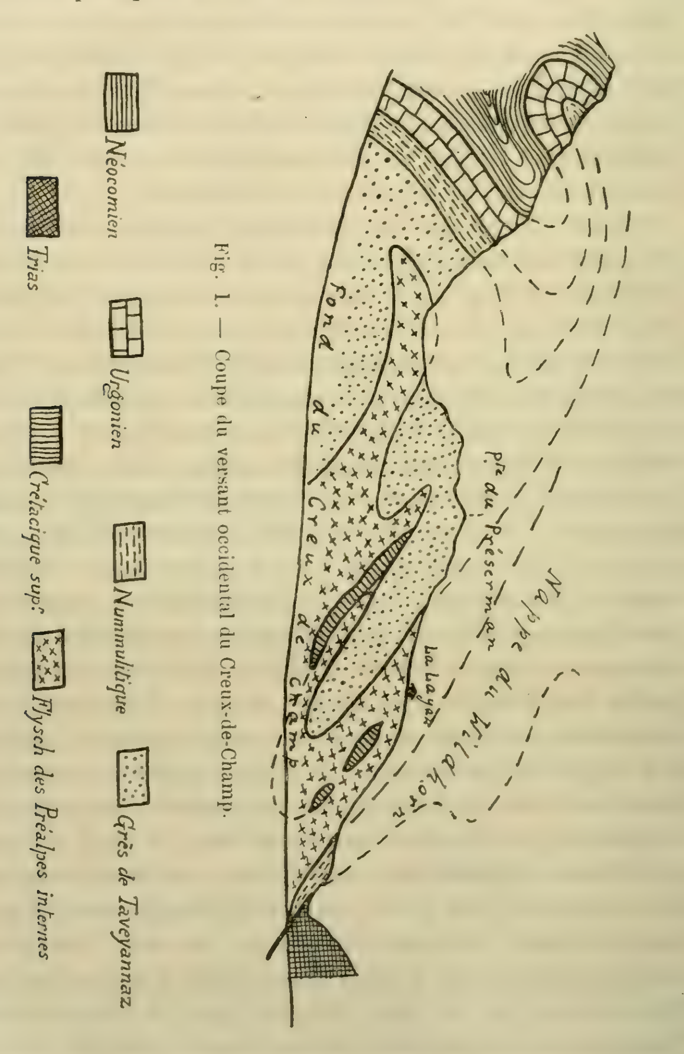


Fig. 1. — Coupe du versant occidental du Creux-de-Champ.

Autour de ces digitations haut-alpines, nous trouvons d'abord l'important complexe de Jurassique, de Crétacique supérieur et de Flysch que nous avons déjà signalé depuis Solalex, par la Chaux-d'En-Haut et les pentes boisées entre Sodoleuvraz et

Taveyannaz. Ce complexe, sous-jacent aux grès de Taveyannaz de la digitation haut-alpine inférieure, est formé en majeure partie par une série normale de Trias, Lias, Dogger, Oxfordien, Crétacique supérieur et brèches nummulitiques du Flysch. Le Crétacique supérieur et le Flysch y sont intensément laminés et pour ainsi dire broyés l'un avec l'autre ; puis, sur cette zone de broyage, qui est très nettement visible le long du chemin de Chaux-d'En-Haut à Taveyannaz, vient une écaille, formée d'Oxfordien et de Crétacique supérieur, qui paraît n'avoir qu'une extension limitée et supporte les schistes à grains noirs associés aux grès de Taveyannaz supérieurs. Cette série normale de Chaux-d'En-Haut me paraît devoir être envisagée comme un lambeau du jambage renversé des Préalpes internes, qui a été renversé une seconde fois lors de son encapuchonnement autour du front de la nappe des Diablerets.

L'extension des éboulis et de la moraine aux environs de Taveyannaz et dans les bois de Confin, ne permet pas de se rendre compte jusqu'à quel point les formations préalpines pénètrent entre les deux digitations haut-alpines des Rochers-du-Van et de Chatillon ; mais ce qui est certain, c'est que ces deux digitations réunies sont complètement encapuchonnées par les sédiments préalpins. L'arête occidentale de la Pointe d'Arpille et les pentes qui en descendent, soit vers le S., soit vers le N., sont absolument démonstratives à cet égard. La Pointe d'Arpille est, en effet, formée de schistes gréseux du Flysch probablement déjà préalpins qui se moulent sur la digitation plongeant au N.-W. des grès de Taveyannaz. Au milieu de ce Flysch pointent plusieurs lentilles laminées de Crétacique supérieur ; on y trouve aussi intercalé un gros amas de Brèche polygénique et une zone importante de schistes et calcaires du Dogger, qui affleure soit entre Coufin et le Col de la Croix, soit plus au N.-E., dans le ravin du ruisseau d'Arpille. Cet ensemble plonge au N.W, sous le Trias du Col de la Croix, c'est-à-dire de notre anticlinal IV ; il ne représente plus le jambage renversé simple de la nappe des Préalpes internes, mais une zone imbriquée de structure compliquée et très variable suivant les points.

Dans la chaîne de Présermann comprise entre le Creux-de-Champ et le fond de Culand, le profil est plus caractéristique encore. Les grès de Taveyannaz de la digitation de Châtillon, affleurent, soit dans le fond du cirque de Culand, soit au-dessus de Vert-Champ, tandis que les grès de Taveyannaz de la digitation du Culand, forment l'arête de Présermann et plongent ensuite, comme nous l'avons vu, vers le N., soit vers le confluent de la Grande-Eau et de l'Eau-Froide. Entre ces deux zones, s'intercale un vaste coin de Flysch, auquel la présence de brèches polygéniques donne un caractère nettement préalpin et dans lequel s'intercale une grosse lame de Crétacique supérieur. Cet ensemble est le prolongement de la zone imbriquée d'Arpille ; il disparaît vers le bas sous la moraine, mais on est forcé d'admettre qu'il encapuchonne la charnière plongeante de grès de Taveyannaz, car on retrouve le même Flysch avec une lame toute semblable de Crétacique supérieur sur les grès de Taveyannaz, un peu au-dessous de la Layaz vers l'E.

J'ai ainsi démontré l'encapuchonnement des trois digitations inférieures de la nappe des Diablerets par une zone de formations préalpines, formée en partie par le jambage renversé de la nappe des Péalpes internes, en partie par un système compliqué d'écailles laminées. Mais je crois pouvoir aller plus loin et pouvoir démontrer aussi que notre anticlinal III n'est qu'un vaste encapuchonnement de la nappe des Diablerets, il est vrai décollé de son soubassement et effilé vers le N.-W. Pour cette déduction, je me base sur le fait que notre synclinal II/III correspond exactement à l'enfoncement des formations préalpines entre les plis de Morcles et des Diablerets et que le plan de chevauchement de notre anticlinal III sur l'anticlinal II, prolonge exactement vers l'extérieur le plan de chevauchement du pli des Diablerets. Il est, du reste, normal que les formations, des Préalpes internes, qui se sont enfoncées au S.-E. entre les deux nappes haut-alpines inférieures, aient formé de même un anticlinal couché au N.-W. devant le front de la nappe des Diablerets et il est normal aussi que cet anticlinal ait pris la forme effilée que nous lui voyons.

Du reste, je crois pouvoir admettre des relations toutes semblables entre la nappe Mont Gond-Wildhorn et notre anticli-

nal IV. Voici pourquoi : Le Trias du Col de la Croix est le même que celui du Col du Pillon qui couvre le front de la nappe du Wildhorn, tandis qu'il ne se relie directement ni à celui de Gryon, ni à celui de la Basse-Gryonne. A ce propos, je dois signaler un fait important, qui n'avait pas encore été constaté. Sur la rive droite de l'Eau-Froide, un peu en amont de son cône de déjection, apparaissent trois gros paquets de calcaire nummulitique, qui marquent une zone importante se prolongeant sur 600 m. environ, jusqu'à l'E. de l'Essert. Ce Nummulitique est séparé du Trias par une mince zone de schistes argileux ; il est nettement intercalé, avec un plongement au N. W. entre le Trias du pli IV et la zone imbriquée de Flysch et de Crétacique qui encapuchonne les grès de Taveyannaz. Il est formé par un calcaire pétri d'Orthophragmines, absolument semblable à celui qu'on trouve au niveau du Priabonien dans la nappe du Wildhorn ; de plus il se place exactement dans le prolongement de la tête de la digitation inférieure de cette nappe, au N. du Creux-de-Champ. Il n'y a donc aucun doute que la tête de la nappe du Wildhorn vient s'insinuer entre le Trias de notre anticlinal IV et les éléments plus profonds des Préalpes internes, de même que, du reste, plus à l'E., c'est la nappe du Wildhorn qui porte les plis supérieurs, seuls visibles, de la zone des Cols.

Puisque la nappe du Wildhorn porte le bord radical des plis supérieurs sur toute leur longueur, puisque d'autre part le pli IV prolonge pour ainsi dire au N. W. le chevauchement de la nappe du Wildhorn, il est logique d'admettre que ce pli préalpin est un contre-coup de la grande nappe haut-alpine, dont il formait le revêtement au moment où elle s'est formée et qui l'a poussé vers le N. Je considère même comme probable, par analogie, que plusieurs des plis couchés supérieurs de la zone des Cols, doivent être des contre-coups des principales digitations de la nappe du Wildhorn, mais je n'ai pas suffisamment étudié encore la question pour avoir une opinion arrêtée. En tout cas, je crois pouvoir arriver à la conclusion que toute la masse qui forme la zone Ormonts-Niesen, avec les plis supérieurs de la zone des Cols, représente une vaste masse chevauchante, qui recouvre les plis inférieurs des Préalpes internes et

la lame des calcaires du Chamossaire et qui a été amenée dans sa position actuelle par la poussée de la nappe du Wildhorn.

Le pli IV étant correspondant à la digitation frontale de la nappe du Wildhorn et le pli III encapuchonnant pour ainsi dire le front de la nappe des Diablerets, on pourrait admettre que le pli II est un contre-coup de la nappe de Morcles, mais ici le fait est moins clair et l'allure relativement tranquille de la lame de Néocomien à Céphalopodes se concilierait mal avec cette hypothèse; il paraîtrait donc plus probable que la coulée au N. des anticlinaux I et II a été provoquée plutôt par la poussée des éléments sus-jacents.

E. *Zone imbriquée de la vallée inférieure de la Grande Eau*

Sur la bordure externe des Préalpes internes, on trouve dans le versant gauche de la vallée inférieure de la Grande-Eau, depuis les Planches en face du Sépey jusqu'au Torrent du Tantin, une zone de structure extrêmement compliquée, qui s'insinue entre le bord des Préalpes médianes et le pli inférieur de la zone des Cols. Cette zone a déjà été étudiée soit par M. Jeannet, soit par M. Fr. Jaccard ; j'y ai fait moi même quelques coupes. On y trouve mêlés, sans ordre aucun, du Flysch schisteux sans brèches polygéniques, des grès quartzeux associés à des calcaires siliceux, qui ont été attribués par M. Jeannet et M. Jaccard au Jurassique, tandis que je serais plutôt tenté de les assimiler au Flysch, des Couches Rouges, des calcaires compacts, gris ou un peu jaunâtres, en gros bancs, qui pourraient être du Malm ou du Néocomien de la région externe des Préalpes médianes, des calcaires spathiques et échinodermiques, qui ressemblent au Lias inférieur des Préalpes médianes, des cornieules et du gypse triasique.

Cette zone est à mon avis un amas d'écailles laminées et broyées, qui sont restées prises dans le plan de chevauchement de la nappe des Préalpes médianes ; ces écailles comprennent des formations, qui rappellent beaucoup plutôt la région externe des Préalpes médianes que les Préalpes internes ; c'est pourquoi je les considère comme arrachées du front de la

nappe des Préalpes médianes pendant la poussée au N. de celle-ci. J'estime du reste que la question de cette zone est loin d'être éclaircie au point de vue soit tectonique, soit stratigraphique.

Conclusions

Si nous cherchons à résumer les principaux faits qui résultent de nos observations d'abord au point de vue stratigraphique, nous constatons en première ligne que tout indique que le Flysch du Niesen est identique à celui de la zone des Cols et qu'il représente une couverture stratigraphique transgressive sur les formations mésozoïques de cette zone. Aucun indice ne nous a permis de reconnaître dans le Flysch des éléments plus anciens que le Lutétien.

En second lieu, nous avons pu établir le caractère tout à fait aberrant que présente la série des calcaires du Chamossaire au milieu de la zone des Cols, qui ne permet pas d'établir comme le faisait Renevier, des raccords simples entre ces calcaires et le Dogger de cette zone ; en outre les calcaires spathiques et brèchiformes du Chamossaire appartiennent au Lias et non au Dogger, comme le croyait Renevier. Nous avons constaté par contre une analogie frappante entre les calcaires du Chamossaire et ceux du système de la Brèche inférieure du Chablais et de la Hornfluh.

Quant à la série mésozoïque de la zone des Cols, elle comprend des cornieules et des gypses au niveau du Trias, des calcaires en partie spathiques à Arietites au niveau du Sinémurien, des schistes argileux noirs au niveau du Lias moyen et supérieur, des calcaires à Zoophycos alternant avec des schistes au niveau du Dogger, des schistes foncés avec bancs de calcaires gris, compacts au niveau de l'Oxfordien et, au niveau du Malm, des calcaires compacts, en gros bancs, à *Calp. alpina,* qui n'existent du reste qu'à l'état d'écailles de petites dimensions entre Rhône et Grande-Eau. Dans cette même région, le Crétacique n'est représenté dans la zone des Cols que dans la zone de contact avec les plis haut-alpins par des calcaires gris à globigérines analogues aux faciès gris des Couches Rouges.

Au point de vue tectonique nous avons distingué d'abord un groupe de trois anticlinaux couchés et laminés, qui forment le soubassement du Chamossaire. De ces trois anticlinaux, le plus élevé peut être considéré comme une sorte d'encapuchonnement de la nappe des Diablerets, les deux autres sont dûs très probablement à la poussée au N. de cette même nappe. Nous avons reconnu ensuite l'existence d'un groupe supérieur de plis couchés, qui commence à apparaître dans le triangle compris entre le massif du Chamossaire, le Col de la Croix et le village des Diablerets, pour prendre son principal développement au N. de la Grande-Eau. Ce système de plis s'est développé en relation étroite avec la nappe du Wildhorn, il est étendu à la zone de Flysch Ormonts-Niesen, qui doit être considérée comme une nappe digitée, au front plongeant vers le N.-W.

Entre ces deux groupes de plis, s'intercale la masse étrangère du Chamossaire, dont nous avons relevé l'analogie avec le système de la Brèche du Chablais-Hornfluh. Il nous reste à voir maintenant, si l'assimilation de ces deux complexes en une même unité tectonique est possible (voir, pour ce qui suit, la planche II).

Pour que les calcaires du Chamossaire puissent appartenir à la nappe de la Brèche, il faut que celle-ci, avec la nappe des Préalpes médianes, déjà en place sur la nappe des Préalpes internes, au moment où se sont formés les plis de la zone des Cols et du Flysch du Niesen, aient encapuchonné nos plis supérieurs, en s'enfonçant entre ceux-ci et les plis inférieurs. La chose n'a en soi rien d'impossible, ni même d'improbable ; l'on s'accorde en général pour admettre que les nappes supérieures ont commencé les premières leur grand mouvement vers le N. et si, en effet, les nappes préalpines étaient déjà empilées, lorsqu'au-dessous d'elle s'est effectuée la formidable poussée de la nappe du Wildhorn, il est absolument normal que la partie interne des nappes préalpines inférieures ait déferlé par dessus les nappes sus-jacentes.

Le fait qu'on ne trouve sous le Trias et le Jurassique du Chamossaire aucun reste de la nappe des Préalpes médianes, n'est pas un obstacle à cette hypothèse, car sur bien des

points, soit en Chablais, soit dans la région de la Hornfluh, on constate une semblable lacune, qui a déjà été expliquée par M. Lugeon comme due à une déchirure de la nappe des Préalpes médianes.

Ces prémices une fois admises, il n'est pas difficile de construire un profil qui satisfasse aux conditions de notre hypothèse. Il faut supposer que le bord interne des Préalpes médianes, renversé sur lui-même, qui suit la vallée de la Grande-Eau et se continue par le Mont-d'Or, s'incurve anticlinalement autour des têtes des plis inférieurs des Préalpes médianes, pour s'enfoncer entre ces plis inférieurs et les plis supérieurs ; mais avant de pénétrer dans ce synclinal effilé, la série des Préalpes médianes a disparu par déchirure et a cédé la place à la nappe supérieure de la Brèche, qui elle-même est fortement laminée. Le jambage renversé de ce faux synclinal de Brèche, n'existe pas ; les plis supérieurs des Préalpes internes chevauchent directement par une série normale sur la série normale de la Brèche et pour retrouver la continuation des nappes de la Brèche et des Préalpes médianes, il faut aller jusqu'aux environs de l'Etivaz et à l'extrémité occidentale de la chaîne de la Gummfluh. Là, dans l'arête de la Coumattaz, on voit une série normale, formée d'abord seulement de Trias, puis devenant bientôt complète du Trias au Flysch ; ces couches, du type des Préalpes médianes, recouvrent le Flysch du Niesen ; elles s'enfoncent au N.-W. avec un plongement qui s'accentue en profondeur, de façon à devenir bientôt verticales et même à se retourner. Sur cette série, s'appuie vers le N. W. une succession normale de Trias et de Brèche, qui s'effile vers l'W., devant l'arête de Coumattaz, mais prend bientôt un grand développement dans le versant N. de la Gummfluh. M. Jaccard dessine pour ces deux complexes superposés au Flysch du Niesen, deux charnières frontales indépendantes, toutes deux culbutées et se fermant chacune sur elle-même. Je crois que rien n'empêche de renoncer à cette interprétation et de se représenter la nappe des Préalpes médianes enveloppant ici par une charnière anticlinale renversée, le Flysch du Niesen et la nappe de la Brèche faisant de même autour de la charnière des formations des Préalpes médianes (voir fig. 3, pl. II). Cette charnière se relie-

rait par le plan de chevauchement du Flysch du Niesen avec la pointe du coin synclinal des calcaires du Chamossaire. Enfin ce que nous admettons pour la chaîne de la Gummfluh, rien n'empêche de l'étendre vers l'E. jusqu'aux Spielgerten. Quant à la zone du Rubli, du Fluhwald et du Niederhorn, elle représente vraisemblablement une zone de têtes anticlinales culbutées, qui se raccordent par des synclinaux renversés entre elles et avec la zone de la Gummfluh et des Spielgerten et qui n'ont aucune connexion directe avec la zone anticlinale du Laitmaire et des Gastlosen. Le jambage renversé des Préalpes médianes de la vallée de la Grande-Eau inférieure et du Mont-d'Or est ici caché en profondeur, ainsi que la charnière que nous avons admise autour des plis inférieurs de la zone des Cols, par suite de la plongée générale de tous les éléments tectoniques vers le N. E.

On peut objecter à l'interprétation tectonique que je viens de donner, que nulle part on n'a signalé un enveloppement du Flysch des plis inférieurs de la zone des Cols par le Trias du Mont-d'Or ; mais à cette objection je puis répondre que l'argument est purement négatif et que jusqu'ici la zone du Niesen a été explorée si peu en détail que la présence d'une zone probablement très laminée et étroite de terrains mésozoïques, a fort bien pu échapper à l'observation.

Du côté du S. W., il est plus difficile de suivre le profil que nous avons établi pour la région des Ormonts (voir fig. 1, pl. II). A l'W. du Rhône, les plis de la zone des Cols, presque complètement détruits par l'érosion, sont réduits à quelques écailles enfoncées entre le Flysch haut-alpin et la nappe des Préalpes médianes ; celle-ci manque elle-même sur de grandes étendues, par suite d'un vaste déchirement. En outre il se produit, à peu près dans l'axe de la vallée du Rhône, une torsion brusque des plis qui, de la direction N.-E.-S.-W., passent à une direction presque W.-E. en subissant des modifications importantes. Cette érosion profonde de la zone des Cols à l'W. du Rhône et cette torsion des plis préalpins vers l'W., me semblent être toutes deux en relation avec le brusque épaississement du Flysch dans la série autochtone et dans la nappe de Morcles, dans le territoire du Val d'Illiez.

Les publications de MM. Schardt et Lugeon, ont mis clairement en lumière le fait que, tandis que dans la vallée de la Grande-Eau le bord interne de la nappe des Préalpes médianes est redressé et renversé, de l'autre côté du Rhône, entre Vionnaz et Prévenense, ce bord interne plonge tranquillement au N. W., entre la Molasse rouge autochtone et la nappe de la Brèche. M. Lugeon a expliqué cette dissymétrie par la poussée exercée par la nappe des Diablerets. Par comparaison avec ce que j'ai observé dans la région du Chamossaire, j'arrive à une idée différente.

D'après les profils de M. Lugeon, le Trias des Préalpes médianes, après être descendu de l'arête de Tréveneuse à Vionnaz, s'incurve en synclinal près de cette localité, se relève assez brusquement au N. W. et chevauche dans cette direction sur le synclinal de Flysch du Col de Recon. Or ce synclinal prolonge à l'W. celui de Leysin et, comme celui-ci il est bordé par un jambage renversé et laminé qui le sépare du Trias ; le Trias de la Grande-Eau est donc le prolongement exact de celui qui s'élève de Vionnaz vers le N. W. Ce dernier forme un anticlinal déjeté et effilé, tandis que le Trias de la Grande-Eau forme une série simple, intercalée entre les formations des Préalpes internes et le synclinal de Leysin ; mais nous avons vu que tout nous pousse à admettre que le Trias de la Grande-Eau devait s'incurver anticlinalement autour des charnières des plis inférieurs de la zone des Cols, pour s'insinuer au S. E. entre ces plis et la nappe des calcaires du Chamossaire. Il est donc logique de voir dans l'anticlinal déjeté au N. de Vionnaz, le prolongement de cet anticlinal supposé et, une fois ce prolongement admis, on arrive forcément à voir dans le complexe des calcaires du Chamossaire avec leur position largement synclinale, le prolongement exact de la Brèche de la Pointe du Corbeau et du Pic de Cholonge, c'est-à-dire de la Brèche du Chablais.

Vers le N. E., cette vaste masse de Brèche du Chablais et du Chamossaire, intercalée entre nos plis inférieurs et nos plis supérieurs, disparaît en profondeur. Les masses de Brèche qu'on retrouve dans la région du Rubly-Gummfluh, de la Hornfluh et du Fluhwald, des Spielgerten, sont superposées à

nos plis supérieurs ; elles correspondent donc à une zone plus interne de la nappe de la Brèche.

Si au S. du Rhône les plis inférieurs de la zone des Cols ne pénètrent pas sous les Préalpes médianes et la Brèche, comme ils le font au Chamossaire, c'est évidemment que leurs fronts se sont retirés au S., en même temps que diminuait l'ampleur de la nappe des Diablerets. Si les plis supérieurs avec le Flysch du Niesen ne couvrent plus dans le Chablais la masse de la Brèche, cela provient probablement en partie de leur réduction en relation avec la réduction de la nappe du Wildhorn, en partie d'une érosion plus profonde.

Les trois coupes jointes à ces conclusions et passant, l'une par les Dents-du-Midi, Tréveneuse et le versant gauche de la vallée du Rhône, la seconde par le Sex-Rouge, le Chaussy et le Mont-d'Or, la troisième par le Sanetschhorn, le Wytenberghorn, la Gummfluh et le Laitmaire, sont destinées à faire comprendre plus facilement les raccords que j'ai admis dans ce travail.

Post-scriptum

Les lignes qui précèdent étaient écrites, lorsque M. Lugeon a attiré mon attention sur deux notices adressées par lui en 1914 à l'Académie des sciences de Paris et dans lesquelles il signale la découverte, dans les environs de Gsteig, de plusieurs lames de schistes de Casanna, en développant les conséquences qui découlent pour lui de ce fait [1].

M. Lugeon considère que cette découverte est une confirmation éclatante de l'hypothèse émise par M. Argand, que la zone du Niesen représente le front de la nappe du Grand St-Bernard et, comme il admet que la nappe des Préalpes internes est enracinée au N. de Sion, il voit dans les nappes du Niesen et

[1]) Lugeon, Sur la présence de lames cristallines dans les Préalpes et sur leur signification. *C. R. Ac. des Sc. de Paris*, séance du 16 nov. 1914. — Sur quelques conséquences de la présence de lames cristallines dans le soubassement de la zone du Niesen. *Ibid.*, séance du 7 déc. 1914.

des Préalpes internes, deux unités tectoniques tout à fait indépendantes.

Il est incontestable que la présence de lambeaux de schistes de Casanna dans les environs de Gsteig est un fait très important, qui implique forcément une relation entre la nappe du Grand St-Bernard et la nappe qui comprend le Flysch du Niesen ; mais je ne crois pas que ce fait démontre d'une façon certaine, que le Flysch du Niesen soit tectoniquement indépendant d'une partie, du moins, des formations mésozoïques de la zone des Cols. Près de Gsteig, les schistes de Casanna ne sont séparés du Flysch que par des calcaires dolomitiques du Trias et un banc calcaire probablement liasique, mais l'absence de schistes jurassiques peut s'expliquer facilement dans cette région, où les séries incomplètes sont la règle par suite des laminages intenses, et où, d'autre part, le Flysch est en tout cas transgressif sur des formations beaucoup plus anciennes.

Du reste le Flysch qui se superpose sur ces couches liasiques-triasiques et ces schistes de Casanna, n'appartient pas à la base de la masse principale du Flysch du Niesen ; il en est séparé par deux zones au moins de formations mésozoïques, qui lui sont superposées. Ce sont d'abord des schistes argileux noirs, tout semblables à ceux qui affleurent le long du sentier montant de Gsteig au Krinnen, et qui contiennent des ammonites jurassiques ; puis, au-dessus de ces schistes, c'est une zone importante de calcaires à pentacrines contenant des débris de Trias et devenant bréchiformes par places. Ces calcaires, qui appartiennent au Lias inférieur, supportent des calcaires dolomitiques triasiques, et tout cet ensemble de Trias et de Lias appartient à une zone que l'on suit d'une façon à peu près continue depuis la région de Gsteig jusqu'aux environs de la Lenk, tout le long de la base du Flysch du Niesen. C'est cette zone que j'ai citée à propos de la Brèche du Chamossaire pour signaler son analogie lithologique avec celle-ci ; mais j'estime ne pas pouvoir définir dès maintenant s'il existe entre ces deux complexes une connexité tectonique ou non.

Le sens exact des affleurements de schistes de Casanna des environs de Gsteig devra donc être encore précisé par une étude détaillée de la région ambiante, étude que j'ai com-

mencée, mais qui est loin d'être achevée. Pour le moment on peut simplement dire que ces affleurements démontrent la relation qui existe entre la nappe du Grand St-Bernard et les éléments tectoniques supérieurs des Préalpes internes ; ils ne permettent pas de déduire que le Flysch du Niesen soit tectoniquement indépendant des formations mésozoïques des plis supérieurs de la zone des Cols, si ces sédiments peuvent être rattachés eux aussi à la nappe du Grand St-Bernard. Or je ne crois pas que la chose soit impossible.

M. Lugeon a montré il y a déjà plusieurs années comment la nappe du Mont Bonvin se suit au-dessus de celle du Wildhorn depuis la région de Sierre jusque dans la haute vallée de la Simme, partout reconnaissable à son Oxfordien marneux et fossilifère, à ces puissantes masses de calcaires suprajurassiques, à son Crétacique inférieur, formé en partie de calcaires à Céphalopodes, en partie de couches à Orbitolines et à Diplopores. Cette nappe existe à la base des plis de la zone des Cols depuis la vallée de la Simme, jusqu'à celle de la Sarine ; ensuite elle paraît manquer entre la Sarine et la Grande-Eau, mais elle reparaît probablement, sous la forme, il est vrai, de lames de charriage complètement détachées, dans la lame de Néocomien à Céphalopodes de Cheville et dans la zone d'écailles qui sépare nos plis inférieurs de la nappe des Diablerets.

Au S. de la racine de la nappe du Mont Bonvin, se trouve une zone de racines, que M. Lugeon appelle les racines au N. de Sion et à laquelle il rattache les formations des Préalpes internes et externes superposées à la nappe du Mont Bonvin. Pour moi, je crois pouvoir admettre que cette zone des racines n'a fourni qu'une partie des éléments des Préalpes internes, en particulier ce que nous avons appelé les plis inférieurs dans la région comprise entre Rhône et Grande-Eau, ces plis qui se superposent à la nappe des Diablerets et qui paraissent avoir été complètement supprimés par déchirement sur le front de la nappe du Wildhorn. Les plis supérieurs qui s'enfoncent dans la masse principale du Flysch du Niesen, auraient une origine plus méridionale encore et se rattacheraient à la nappe du Grand St-Bernard. Dans ces plis les formations jurassiques prennent un caractère presque uniformément schisteux et ne dif-

fèrent essentiellement des Schistes lustrés que par l'absence complète de métamorphisme. Elles sont recouvertes par le Flysch, qui est largement transgressif, mais sans qu'on puisse voir entre eux l'indication nette d'un contact tectonique.

Je crois donc que la découverte signalée par M. Lugeon n'est pas inconciliable avec les conclusions auxquelles je suis arrivé par l'étude de la région entre Rhône et Grande-Eau. Je considère comme stratigraphique la superposition du Flych des Ormonts-Niesen sur les formations mésozoïques de la zone des Cols. En tous cas le Flysch qui s'enfonce synclinalement entre ces formations dans la zone qui s'étend de la Forclaz jusqu'au-dessus de Chésière est lithologiquement identique à celui qui forme la zone du Niesen ; or l'un et l'autre ont un caractère si particulier avec leurs grosses brèches polygéniques, dans lesquelles prédominent toujours les mêmes éléments, qu'on est forcé de les rattacher à la même aire de sédimentation. Si donc on arrive à démontrer que le Flysch du Niesen forme une nappe indépendante de celle des plis supérieurs de la zone des Cols, il faudra nécessairement admettre que ces deux nappes se sont plissées l'une avec l'autre exactement comme se seraient plissés deux éléments superposés d'une même série. Si, par contre, nos conclusions sont justes, il faut admettre que le Flysch du Niesen a pris une extension considérable couvrant à la fois la nappe du Grand St-Bernard et les formations mésozoïques des racines au N. de Sion.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Mars, avril et mai 1915

(PRINTEMPS 1915)

OBSERVATIONS DIVERSES

Mars 1915

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 19 et 29 à Savatan ; le 19 à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 1 et 2 à Lavey ; les 1, 2, 7 et 8 à Savatan ; du 1 au 24 et le 31 à Dailly ; du 1 au 26 et le 31 à l'Aiguille.

Fœhn : du 22 au 23 aux quatre stations.

Avril 1915

Brouillard. — I. *Brouillard pendant toute la journée :* le 23 à Dailly et à l'Aiguille. II. *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 9 à Savatan ; les 2, 22, 24 et 25 à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol : du 8 au 12, les 23 et 24 à Dailly et à l'Aiguille.

Orage avec grêle : le 27.

Mai 1915

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 19 et 20 à Dailly ; les 4, 19 et 20 à l'Aiguille.

Orage avec grêle : le 22.

Orages : les 26 et 28.

MOIS DE MARS 1915

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromét. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	699.7	653.0	+ 2.7	− 1.6	65	75	8	10	10	4.5	**3**	6.2	16	15.5	16	15.9	17
2	705.1	655.9	0.6	− 2.5	58	43	8	9	9	....	....	....	....	0.2	1	0.4	1
3	706.9	657.5	2.3	+ 0.3	49	27	4	9	7	....	....	....	....	....	....	....	....
4	707.1	659.3	4.7	5.1	53	30	1	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
5	**710.3**	**662.2**	6.3	3.4	59	11	2	3	6	....	....	....	....	....	....	....	....
6	707.0	660.1	5.7	+ 3.0	81	74	7	8	10	11.5	....	14.6	....	0.6	1	0.5	1
7	700.8	650.8	+ 2.2	− 1.4	100	99	10	10	10	**26.3**	2	**22.4**	**11**	**38.2**	**39**	**39.2**	**40**
8	696.1	647.4	− 1.1	− 4.0	93	95	10	9	9	2.0	....	....	....	4.7	6	4.8	7
9	699.0	650.4	− 3.4	− 7.5	74	100	10	9	9	....	....	....	....	1.4	2	1.5	2
10	703.2	654.3	− **4.0**	− **7.8**	62	62	1	6	7	....	....	....	....	0.2	1	0.4	1
11	703.4	655.3	− 1.7	− 4.7	62	56	7	9	8	....	....	....	....	....	....	....	....
12	705.1	657.1	+ 2.0	− 2.1	59	69	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
13	707.5	658.9	3.3	+ 0.4	51	44	5	5	1	....	....	....	....	....	....	....	....
14	705.3	658.5	4.7	1.6	66	36	6	1	3	....	....	....	....	....	....	....	....
15	706.2	658.3	4.2	1.9	80	63	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	706.0	658.1	5.1	4.3	69	47	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	699.6	653.6	7.7	6.9	49	23	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	693.7	647.8	8.1	4.3	47	28	4	3	3	1.3	....	0.1	....	0.6	....	0.5	....
19	690.8	643.9	4.2	+ 0.4	85	100	10	10	10	6.2	....	7.8	....	8.8	2	8.7	2
20	698.3	650.8	1.3	− 3.8	61	74	5	6	7	....	....	....	....	....	....	....	....
21	707.9	658.3	1.4	− 0.6	55	46	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
22	709.1	660.2	6.3	+ 3.5	**29**	**11**	7	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
23	707.1	659.3	**9.3**	**7.0**	33	25	2	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
24	705.5	659.2	8.9	4.7	76	76	9	6	7	0.3	....	0.6	....	....	....	....	....
25	703.5	656.0	8.6	4.2	82	99	10	8	7	3.5	....	4.5	....	5.0	....	5.2	....
26	695.4	649.1	6.1	2.6	86	99	9	8	8	....	....	....	....	....	....	....	....
27	688.5	643.6	7.1	4.2	94	63	9	10	10	1.6	....	2.0	....	1.4	....	1.2	....
28	**687.8**	**642.8**	5.1	2.5	96	99	9	10	10	6.0	....	7.0	....	7.4	....	7.0	....
29	691.5	643.9	1.4	0.2	100	99	10	10	10	....	....	....	....	0.8	....	0.5	....
30	693.5	646.0	2.7	+ 2.5	97	69	9	9	9	4.0	....	3.7	1	2.2	1	2.0	1
31	700.7	651.7	+ 2.7	− 0.5	80	99	8	8	9	....	....	....	....	0.2	....	0.1	....
Mois	701.34	653.66	+ 3.70	+ 0.85	69	64	5.8	6.2	6.3	67.2	5	68.9	22	87.2	69	87.9	72

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1915

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	703.24	703 62	703.70	703.52	654.87	654.85	655.60	655.11
2me » ...	701.77	701.18	701 82	701.59	654.07	654.21	654.40	654.23
3me » ...	699.23	698.75	699 44	699.14	651.88	651.87	651.75	651.83
Mois..	701.34	701.11	701.58	701.34	653.55	653.59	653 84	653.66

Température

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 0.31	+ 3.28	+ 1.24	+ 1.61	− 1.9	+ 3.6
2me » ...	1.18	6.52	4.00	3.90	− 0.4	6.8
3me » ...	4.16	7.60	4 49	5.42	+ 1.7	8.6
Mois..	+ 1.96	+ 5.86	+ 3.28	+ 3 70	− 0.1	+ 6.4
	Dailly					
1re décade ...	− 2.32	+ 0.21	− 1.81	− 1.31	− 4.6	+ 2.4
2me » ...	− 1.39	+ 3.92	+ 0.19	+ 0.91	− 2.7	5.5
3me » ..	+ 0 98	+ 4.60	+ 2.67	+ 2.75	0.0	6.4
Mois..	− 0.85	+ 2.96	+ 0.43	+ 0.85	− 2.3	+ 4.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ..	75	65	68	69	70	62	62	65
2me » ...	69	55	65	63	69	42	51	54
3me » ...	76	72	78	75	74	68	72	71
Mois..	74	64	70	69	71	58	62	64

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	5 4	6.4	6.3	6.1	7.1	8.2	7.6	7.6	8.2	8.5	7.6	8.1
2me » ...	2.4	4.5	4.5	3.8	2.8	3.6	4.6	3.7	3.3	3.8	2.8	3.3
3me » ...	7 1	7.7	7.5	7.4	7.1	6.9	7.2	7.1	6.5	8.0	7.3	7.3
Mois..	5.0	6.3	6.2	5 8	5.7	6.3	6.5	6.2	6.0	6.8	5.9	6.3

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1915

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	704.14	704.32	704.13	704.20	654 91	654.82	654.96	654.90
2me » ...	704.04	703.54	703.72	703.77	655.97	655.95	656.58	656.17
3me » ...	702.75	702.25	702.37	702.46	655.18	655.19	655.33	655.23
Mois..	703 64	703.37	703.41	703 47	655.35	655 32	655.62	655.43

Température.

	Savatan					
	7 h. m. o	1 h. s. o	9 h. s. o	Moyenne o	Minim. moyen o	Maxim. moyen o
1re décade ...	+ 2.18	+ 3.68	+ 3.44	+ 3.10	+ 0.5	+ 6.2
2me » ...	2.82	10.59	6.86	6.76	1.2	11.5
3me » ..	6.15	12.31	8.65	9.04	4.9	14.5
Mois..	+ 3.72	+ 8.86	+ 6.32	+ 6.30	+ 2.2	+10.7

	Dailly					
1re décade ...	+ 0.45	+ 1.45	+ 0 56	+ 0.82	- 1.7	+ 3.5
2me » ...	0.95	6.25	3.24	3.48	- 0.3	7.6
3me » ...	3.75	7.62	5.82	5.73	+ 2.7	9.3
Mois..	+ 1.72	+ 5.11	+ 3.21	+ 3.34	+ 0.2	+ 6.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	90	78	83	84	88	84	86	86
2me » ...	70	44	56	56	60	38	59	52
3me » ...	81	53	70	68	64	59	60	61
Mois..	80	58	69	69	70	60	68	66

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	9.0	8 5	7.4	8.3	9.5	9.3	7.3	8.7	8.5	7.7	8.3	8.2
2me » ...	1.4	3.1	2.7	2.4	2.2	4.0	1.9	2.7	0.9	2.0	1.3	1.4
3me » ...	6.5	5.7	5.1	5.8	6.7	5.6	5.4	5 9	5.4	4.4	4.0	4.6
Mois..	5 6	5.8	5.1	5.5	6.1	6.3	4.7	5.8	4.9	4.7	4.5	4.7

MOIS D'AVRIL 1915

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	706.4	657.7	+ 2.7	+ 1.6	87	81	4	8	6	....	....	....	....	....	....	....	....
2	**709.3**	659.0	3.8	− 0.4	71	82	7	10	10	....	....	....	....	....	....	....	....
3	708.6	659.5	2.3	+ 0.2	80	68	9	9	9	3.3	....	2.1	....	0.5	....	0 4	..
4	705.3	657.2	3.3	2.1	70	98	10	10	8	6.5	....	4.6	....	9.5	....	9.4	....
5	704.4	655.3	4.8	6.2	71	70	6	5	6	1.3	....	8.0	....	0.5	....	0.6	....
6	700.9	652.2	4.2	1.4	95	100	8	9	8	5.5	....	8.5	....	10.6	....	10.7	....
7	**698.9**	**648.9**	3.1	+ 0.8	**99**	100	10	9	10	**25.4**	....	**24.5**	....	**22.5**	....	**21.7**	....
8	702.0	649.9	3.1	− 0.6	96	84	10	10	8	15.0	....	15.6	....	14.0	6	14.1	7
9	704.3	655.5	2.1	− 1.2	87	92	9	6	8	1.9	....	1.6	....	3.6	**8**	3.5	**8**
10	701.8	653.7	**1.7**	− **2.0**	80	83	10	10	9	7.7	....	8.5	....	11.5	**8**	11.4	**8**
11	706.0	657.5	2.1	− **2.0**	72	81	4	5	3	...	....	....	....	0.7	3	0.8	3
12	703 9	656.4	3.7	− 1.5	58	65	2	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
13	700.0	652.7	3.2	− 0.1	50	46	3	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
14	700.2	652.2	4.2	− 0.1	54	49	4	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
15	705.4	656.8	5.5	+ 1.6	53	50	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	708.2	**660.1**	8.3	5.0	42	29	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	704.9	657.3	8.9	7.3	**38**	**24**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	702.4	655 9	9.3	7.6	61	45	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
19	702.9	656.5	10.6	8.3	68	59	4	5	3	....	....	....	....	1.9	....	1.8	....
20	703.8	656.2	11.8	8.6	68	75	6	7	2	....	....	....	....	....	....	....	....
21	702.7	654.0	10.3	6.5	60	57	8	9	3	....	....	....	....	0.6	....	0.6	....
22	700.2	653.6	7.9	3.4	86	99	10	9	9	7 5	....	10.3	....	13.5	3	13.6	3
23	699.3	650.5	5.6	+ 0.6	82	98	10	10	10	4.3	....	5.4	...	6.8	3	6.8	3
24	699.5	651.2	3.7	− 0.2	87	99	10	10	10	....	....	0 8	....	....	....	....	....
25	700.4	653.8	5.5	+ 3.5	77	77	5	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
26	702.2	656.0	10.0	7.9	56	28	5	8	3	....	....	....	....	..	....	....	....
27	703.1	656.7	11.2	8.2	59	37	3	2	1	4.9	....	9.0	....	7.8	....	7.9	....
28	705.6	658.8	11.1	8.2	63	43	5	6	4	....	....	....	....	....	....	....	...
29	706.1	659.2	11.9	8.6	55	39	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
30	705.5	658.6	+**13.2**	+**10.7**	53	30	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	703.47	655.43	+ 6.30	+ 3.34	69	66	5.5	5.8	4.7	83.3	....	98.9	....	104.0	31	103.3	32

MOIS DE MAI 1915

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromét. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromét. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	705.2	658.5	+14.3	+ 9.9	52	41	2	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
2	704.6	658.0	14.1	10.6	47	29	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	705.8	658.6	15.5	12.0	**44**	**27**	5	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	705.4	659.4	13.7	10.9	67	54	7	10	7	5.0	....	1.9	....	0.4	....	0.5	....
5	705.0	658.3	13.1	10.2	76	66	6	8	6	....	....	....	....	....	....	....	....
6	706.0	659.2	14.7	12.4	68	44	5	5	3	2.0	....	2.4	....	3.1	....	3.4	....
7	**706.7**	659.9	14.3	9.9	63	73	10	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
8	704.9	659.6	**18.8**	13.9	52	40	4	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
9	703.6	658.2	16.0	12.4	63	79	6	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
10	703.8	657.7	13.5	10.3	89	99	7	10	7	0.3	....	....	....	....	....	....	....
11	699.6	655.0	12.4	11.0	92	67	8	8	5	6.2	....	6.0	....	5.1	....	5.2	....
12	699.1	653.9	11.1	9.0	98	86	10	10	9	5.9	....	5.2	....	3.7	....	2.7	....
13	700.8	654.3	13.3	11.8	57	48	4	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
14	703.8	657.7	12.6	10.3	72	56	8	8	7	0.8	....	....	....	0.3	....	0.4	....
15	705.0	**660.1**	12.5	8.4	69	62	3	1	0	....	....	....	....	0.6	....	0.7	....
16	704.2	659.0	14.0	12.7	64	32	8	9	4	0.8	....	1.9	....	1.3	....	1.2	....
17	699.4	654.3	14.3	11.5	88	69	10	10	9	8.0	....	7.5	....	8.6	....	8.7	....
18	696.8	652.0	13.5	7.9	85	86	9	8	10	**15.0**	....	**21.2**	....	**25.2**	....	**25.4**	....
19	703.4	654.8	**8.2**	**5.3**	100	100	10	8	10	6.0	....	7.5	....	17.9	....	16.4	....
20	705.1	657.7	11.9	7.8	93	95	9	7	9	....	....	....	....	....	....	....	....
21	703.0	657.7	14.3	12.6	73	61	5	6	7	....	....	....	....	....	....	....	....
22	702.0	657.3	17.1	**14.8**	58	41	1	3	4	2.2	....	2.0	....	0.7	....	0.4	....
23	701.2	657.9	17.0	14.3	68	41	1	0	2	1.5	....	1.8	....	1.7	....	1.8	....
24	703.1	658.6	16.7	14.6	75	77	2	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
25	702.8	659.1	17.5	14.3	67	64	0	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
26	702.5	658.8	17.5	14.4	63	46	5	4	6	6.8	....	8.0	....	7.1	....	7.5	....
27	702.3	657.5	16.9	13.2	53	60	3	5	5	0.4	....	....	....	0.4	....	0.3	....
28	698.2	654.6	16.0	12.5	86	94	6	6	8	8.5	....	7.8	....	9.3	....	9.4	....
29	**696.3**	**651.9**	14.9	11.2	90	90	10	10	9	8.6	....	7.2	....	6.3	....	6.2	....
30	699.6	653.7	15.0	10.2	80	75	6	3	7	0.3	....	....	....	....	....	....	....
31	702.2	656.3	+14.2	+11.1	78	89	4	3	7	4.0	....	4.0	....	3.1	....	3.0	....
Mois	702.63	657.09	+14.48	+11.33	72	64	5.6	5.5	5.3	82.3	....	84.4	....	94.8	....	93.2	....

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1915

Pression atmosphérique

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade ...	705.45	705.12	704.75	705.11	658.64	658.87	658.74	658.75
2me » ...	701.71	701.28	702.18	701.72	655.70	655.62	656.30	655.87
3me » ...	701.66	700.76	701.16	701.19	656.84	656.48	656.70	656.67
Mois..	702.90	702.33	702.65	702.63	657.05	656.97	657.23	657.09

Température

Savatan	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+11.98	+17.42	+15.00	+14.80	+10.7	+18.7
2me » ...	11.17	14.10	11.94	12.40	8.9	16.3
3me » ...	12.44	19.65	16.17	16.09	11.2	21.2
Mois..	+11.88	+17.14	+14.43	+14.48	+10.3	+18.8

Dailly	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 9.46	+13.10	+11.18	+11.25	+ 8.7	+15.6
2me » ...	7.86	11.39	9.45	9.57	6.7	12.2
3me » ...	10.99	15.65	12.37	13.01	9.3	16.8
Mois..	+ 9.49	+13.46	+11.05	+11.33	+ 8.3	+14.9

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	70	57	60	62	54	54	57	55
2me » ...	86	80	79	82	82	63	65	70
3me » ...	85	59	72	72	76	57	68	67
Mois ..	81	65	70	72	71	58	63	64

Nébulosité

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h.m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h.m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h.m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	5.4	6.3	4.1	5.3	5.8	6.3	4.7	5.6	5.0	3.6	3.2	3.9
2me » ...	8.3	7.4	7.9	7.9	7.4	7.0	7.2	7.2	7.1	6.1	6.2	6.5
3me » ...	2.5	3.9	5.2	3.9	3.2	2.8	5.5	3.8	4.4	4.7	7.1	5.4
Mois..	5.3	5.8	5.7	5.6	5.4	5.3	5.8	5.5	5.5	4.8	5.5	5.3

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE CHIMIE

tenue à Genève le 14 septembre 1915 (¹)

Président: M. le Prof. L. Pelet (Lausanne).
Secrétaire: M. le Dr G. von Weisse (Lausanne).

Fréd. Reverdin. Notes biographiques. — E. Noelting et A. Kempf. Sur quelques réactions colorées des dérivés triphénylméthaniques. — E. Noelting et F. Steimle. Essai de préparation de corps à chaînes fermées analogues aux indazols. — A. Werner. Sur une nouvelle espèce d'isomérie dans les combinaisons du cobalt et sur les combinaisons contenant du cobalt et du carbone asymétriques. — F. Fichter. Démonstration de l'hydrolyse de l'acide borique au moyen du tournesol. — P. Dutoit. Mécanisme de la formation de quelques précipités. — M. Duboux. Sur un calorimètre différentiel. — O. Billeter et G. de Montmollin. De l'action du cyanate de benzène-sulfonyle sur les combinaisons sulfurées. — F. Kehrmann. Expérience de cours (préparation du bleu de méthylène). — L. Reutter. Contribution à l'étude chimique de la poudre physiologique de genêt. — S. Reich. Nitration de l'acide phénylpropiolique. — E. Briner. Formation et décomposition des carbures métalliques. — A. Pictet et O. Kaiser. Sur les hydrocarbures de la houille. — A. Pictet et T. Q. Chou. Formation directe d'alcaloïdes à partir d'albumines. — L. Pelet. Pouvoir adsorbant de quelques dérivés de la cellulose.

Frédéric Reverdin (Genève). — *Notes biographiques* (²).

L'auteur, à l'occasion du centenaire de la Société Helvétique des Sciences naturelles, rappelle la mémoire des savants qui ont pris part à la fondation de la Société.

¹) Cette séance a été ouverte par quelques paroles de bienvenue, prononcées au nom du Comité annuel, par M. Fréd. Reverdin, introducteur, puis le Président de la Société Suisse de Chimie a soumis à l'assemblée, qui les a adoptés, les comptes de 1914-15 et les candidats suivants ont été reçus: Dr H. Parodi (Genève), K. Schweizer (Genève), Dr H. Steiger (Bâle), Dr J. Walter (Genève).

La séance a été suivie d'un déjeuner en commun au Cercle des Vieux-Grenadiers et d'une visite à l'Usine à Gaz de la Ville de Genève, organisée par M. le Dr Bonna, et faite sous l'aimable direction de M. A. Des Gouttes, ingénieur.

²) Ces notes paraîtront *in extenso* dans les *Actes de la S. H. S. N.*

Il parle de ceux d'entre eux qui se sont occupés de chimie, en s'attachant à faire ressortir plus spécialement leur activité scientifique dans ce domaine et communique de courtes esquisses biographiques sur : Henri-Albert Gosse (1753-1816), Jean-Antoine Colladon (1756-1830), N.-Théodore de Saussure (1767-1845), Alexandre Marcet (1770-1822), Charles-Gaspard de la Rive (1770-1834), Henri Boissier (1762-1845), Pierre-François Tingry (1743-1821), et Henri Struve (1751-1826).

E. Noelting et A. Kempf (Mulhouse). — *Sur quelques réactions colorées des dérivés triphénylméthaniques.*

D'après les travaux de von Baeyer et Villiger, le triphénylcarbinol se dissout dans l'acide sulfurique concentré avec une coloration jaune-orangé intense. Cela est dû évidemment à la formation d'un sel, le groupement triphénylcarbinolique $HO—C\equiv(C_6H_5)_3$ possédant des propriétés basiques, faibles il est vrai, mais incontestables et donnant lieu à un phénomène d'*halochromie*. Par contre, le groupement triphénylméthanique $H—C\equiv(C_6H_5)_3$ semble dénué de caractère basique. Dans tous les cas, le triphénylméthane et ses homologues se dissolvent dans l'acide sulfurique sans aucune coloration, ne montrant pas trace d'halochromie.

Si dans le triphénylcarbinol on introduit des groupes hydroxyle OH, ou méthoxyle OCH_3, la coloration dans l'acide sulfurique concentré augmente en intensité et les propriétés basiques du complexe sont accentuées. Ainsi l'on sait depuis longtemps, par les travaux de Dale et Schorlemmer, que l'acide rosolique $O=C_6H_4=C=(C_6H_4OH)_2$ donne avec l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique des sels bien caractérisés, que l'eau ne dissocie pas. Nous avons constaté qu'il se forme aussi un picrate cristallisant facilement. Von Baeyer et Villiger ont trouvé que le trianisylcarbinol, $HO—C\equiv(C_6H_4OCH_3)_3$, forme un sulfate et un nitrate colorés en rouge, mais dissociables par l'eau, ainsi qu'un picrate très bien cristallisé. Le groupe OCH_3 augmente donc aussi le caractère basique du complexe triphénylcarbinolique, mais à un degré moindre que le groupe OH.

L'acide rosolique est connu depuis longtemps comme colorant substantif pour la soie et la laine qu'il teint en orangé, mais il n'a aucune affinité pour le coton mordancé. Nous avons trouvé, par contre, qu'il teint très fortement le coton traité au tannin émétitique. Il fonctionne donc comme un colorant basique. Son dérivé hexaméthoxylique, l'acide eupittonique se comporte d'une manière analogue. Il en est de même du trianisylcarbinol, $HO—C\equiv(C_6H_4OCH_3)_3$; ce corps, incolore en lui-même, par opposition à l'acide rosolique, $O=C_6H_4=C=(C_6H_4OH)_2$, coloré en

orangé, se fixe sur coton tanné avec une coloration intense comme l'acide rosolique. Un demi pour cent du poids du coton donne une teinte moyenne, un pour cent une teinte très nourrie. Sur soie et laine le trianisylcarbinol se fixe en bain neutre sans coloration, mais la fibre devient jaune orangé par un traitement ultérieur à l'acide. Il en est de même si l'on effectue la teinture en présence d'un fort excès d'acide minéral.

Le trianisylméthane, $H{-}C{\equiv}(C_6H_4OCH_3)_3$ se dissout, comme l'ont constaté von Baeyer et Villiger, dans l'acide sulfurique en orangé; par addition d'eau la coloration disparaît et le carbure est reprécipité à l'état d'un corps blanc. Feuerstein et Lipp (Berichte *35* 3252 (1912) au Laboratoire de Mulhouse, ont constaté simultanément le même phénomène pour le phényl-dianisylméthane,

Ils ont trouvé en outre que le phényl-diorthométhoxycrésylméthane

$$\begin{matrix}H \\ C^6H^5\end{matrix}\!\!>\!C{=}\left[C^6H^3\begin{matrix}OCH^3 \\ CH^3\end{matrix}\right]_2$$

se dissout dans l'acide sulfurique en orangé, tandis que le dérivé isomère du paracrésol,

$$\begin{matrix}H \\ C^6H^5\end{matrix}\!\!>\!C{=}\left[C^6H^3\begin{matrix}CH^3 \\ OCH^3\end{matrix}\right]_2$$

donne une coloration violette très prononcée. Tous ces leucodérivés ne teignent en aucune façon le coton tanné.

Feuerstein et Lipp n'ont pas préparé les carbinols correspondants. Nous les avons obtenus en oxydant les leucodérivés par le bioxyde de plomb en solution acétique, d'après le procédé de Baeyer et Villiger. Le dérivé de l'orthocrésol se dissout dans l'acide sulfurique en rouge, celui du paracrésol en rouge bordeaux. Le premier teint le coton tanné en rouge intense, le second par contre ne le teint absolument pas.

Le dianisylphényl-carbinol

$$C\begin{matrix}C^6H^5 \\ (C^6H^4 \cdot OCH^3)_2 \\ H\end{matrix}$$

se comporte à peu près comme le trianisylcarbinol, mais teint le coton tanné en orangé beaucoup plus rouge.

Von Baeyer et Villiger envisagent la possibilité que les colorations des dérivés méthaniques avec l'acide sulfurique pourraient provenir de la formation de carbinols, dûe à l'action oxydante de l'acide sulfurique. Cette hypothèse ne nous paraît pas soutenable, car si l'on verse la solution sulfurique du méthane dans l'eau et qu'on détermine le point de fusion du produit qui se sépare, on trouve qu'il n'est pas changé. En outre, et celà nous semble prouver d'une manière absolue, qu'il n'y a pas formation de carbinol, les solutions versées dans l'eau et neutralisées jusqu'à réaction faiblement acide ne teignent nullement le coton tanné, ce qu'elles feraient s'il s'était produit une oxydation.

Si l'on introduit des groupes amino dans le triphénylcarbinol en para par rapport à l'hydroxyle fondamental, on obtient des carbinols basiques tels que ceux du vert malachite, de la fuchsine. du violet cristallisé, et autres. Avec une molécule d'acide ces carbinols forment des sels fortement colorés en vert, rouge, violet, etc., teignant la soie, la laine et le coton tanné en nuances correspondantes.

Si l'on dissout ces monosels dans l'acide sulfurique concentré, il se forme, avec tous les dérivés, des solutions orangées semblables à celles du triphénylcarbinol dans cet acide. Le caractère auxochrome des groupes amino NH_2 ou NR_2 semble annihilé par leur combinaison avec l'acide sulfurique et l'on obtient à peu près la même coloration qu'avec le carbinol non substitué.

L'introduction de groupes amino, simples ou substitués, NH_2, NHR, NR_2, dans le triphénylméthane ne modifie pas sa réaction avec l'acide sulfurique. Nous avons examiné à ce point de vue les leucobases du vert malachite, de la fuchsine, du violet cristallisé, des divers bleus Victoria et d'autres encore. Toutes se dissolvent dans l'acide sulfurique sans coloration aucune.

Les colorants triphénylcarbinoliques contenant uniquement des groupes OH, acide rosolique, benzaurine, etc., se dissolvent aussi dans l'acide sulfurique en jaune orangé, et il en est de même de ceux qui contiennent à la fois des groupes OH et des groupes basiques NH_2, $NHCH_3$, $N(CH_3)_2$ c'est-à-dire des verts malachite hydroxylés. Les leucobases de tous ces colorants se dissolvent dans l'acide sulfurique sans aucune coloration. Toutefois quand il y a plusieurs hydroxyles dans le même noyau benzènique, une coloration commence à se manifester. Avec les leucobases dérivées de l'aldéhyde protocatéchique et orthoprotocathéchique,

$$\left[C^6H^4N(CH^3)_2\right]_2 = \underset{\displaystyle H}{\overset{}{C}}-C_6H_3(OH)_2$$

et

$$\left[C^6H^4N(CH^3)_2\right]_2 = \underset{H}{C}-C^6H^3\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}$$

il y a coloration jaune, légère dans le premier cas, un peu plus intense dans le second ; enfin la leucobase dérivée de l'aldéhyde pyrogallique

$$\left[C^6H^5N(CH^3)_2\right]_2 = \underset{H}{C}-C^6H^2\begin{matrix}OH\\OH\\OH\end{matrix}$$

se dissout dans l'acide sulfurique avec une coloration jaune assez prononcée.

E. Noelting et F. Steimle (Mulhouse). — *Essai de préparation de corps à chaînes fermées analogues aux indazols au moyen des o-anisidines nitrées et bromo-nitrées.*

On sait que par élimination des éléments de l'acide ou de l'eau les sels diazoïques et les diazo libres des orthotoluidines substituées, en particulier des orthotoluidines nitrées, bromées et bromonitrées, forment des dérivés à chaîne fermée, les indazols ; par exemple :

$$O_2N-C_6H_3\begin{matrix}CH_3\\N{\equiv}N-Cl\end{matrix} = O_2N-C_6H_3\begin{matrix}CH\\N\end{matrix}\!\!>NH + HCl$$

Il ne paraît pas improbable que l'on puisse obtenir des dérivés analogues, contenant dans la chaîne un atome d'oxygène de plus, en employant les dérivés diazoïques des ortho-anisidines substituées. Par exemple, le diazo de la nitro-ortho-anisidine

$$O_2N-C_6H_3\begin{matrix}OCH_3\\N{\equiv}N-Cl\end{matrix}$$

aurait pu donner

$$O_2N-C_6H_3\begin{matrix}O-CH\\N-HN\end{matrix} \quad \text{ou} \quad O_2N-C_6H_3\begin{matrix}O-CH_2\\N{=}N\end{matrix}$$

D'autre part, les diazoamino de l'orthotoluidine et surtout des orthotoluidines nitrées donnent des indazols, quand on les chauffe avec l'anhydride acétique, une réaction analogue ne paraît pas exclue avec les orthoanisidines correspondantes.

Prenant comme point de départ ces idées, les auteurs ont institué une série d'expériences qui, il est vrai, n'ont pas conduit aux résultats désirés, mais au cours desquelles ils ont eu l'occasion d'observer quelques réactions qui ne manquent pas d'intérêt.

Ils ont étudié la décomposition des dérivés diazoïques des amines suivantes.

OCH_3, NH_2, NO_2

I

P. f. 116-117°

OCH_3, NH_2, Br, Br, NO_2

II

P. f. 102°

OCH_3, NH_2, O_2N

III

P. f. 139-140°

OCH_3, NH_2, O_2N, Br

IV

P. f. 140-141°

OCH_3, NH_2, O_2N, NO_2

V

P. f. 187-188°

et les deux diazoamino :

OCH_3, $-N=N-N(H)-$, OCH_3, NO_2, NO_2

P. f. 205°

OCH_3, $-N=N-N(H)-$, NO_2

P. f. 123°

Dans le cas d'une décomposition normale en phénols, la quantité d'azote dégagée doit correspondre à deux atomes, tandis que s'il se forme des dérivés à chaîne fermée, la quantité d'azote est moindre ou même nulle, suivant la proportion du dérivé cyclique obtenu. La mesure de l'azote mis en liberté permet donc de suivre la réaction tout comme cela se fait dans l'étude de la formation des dérivés indazoliques.

La base I a donné à chaud principalement le phénol correspondant à côté d'un peu de diazonitrophénol :

O—N
‖
—N
NO_2

Celui-ci se forme presque exclusivement si l'on abandonne la solution diazoïque à froid. Il y a donc simplement saponification du méthoxyle.

La base II donne à chaud intégralement le phénol, à froid elle fournit le dérivé :

OCH_3
—N
|
Br —O—N
NO_2

Le méthoxyle est donc conservé intact, mais un atome de brome est remplacé par l'hydroxyle.

La base III ne donne que du nitrogaïacol

OCH_3
OH
O_2N

ainsi que l'avait déjà observé Freyss. La base IV se comporte de la même manière.

La base V enfin forme le dérivé :

OCH_3
—N
O— N
NO_2

le groupe NO_2 en para par rapport au groupe diazoïque étant remplacé par un hydroxyle.

Enfin les deux diazoamino, chauffés avec l'anhydride acétique, ont dégagé quantitativement leur azote. Il n'y a donc ici non plus formation d'aucun dérivé à chaîne azotée fermée.

A. Werner (Zurich). — *Sur une nouvelle espèce d'isomérie dans les combinaisons du cobalt et sur les combinaisons contenant du cobalt et du carbone asymétriques.*

Les combinaisons

$$\left[en^2C_0X_2 \right] X$$

existent sous deux formes isomères, représentés par les formules suivantes, où X est remplacé par NO_2 :

Sels Crocéo Sels Flavo

Les combinaisons qui correspondent à la configuration des sels « flavo » revêtent les deux formes énantiomorphes suivantes :

Quels phénomènes d'isomérie se produiront dans le cas où une molécule de propylènediamine occupe la place de l'éthylènediamine dans le radical complexe ? En discutant cette question il sera d'abord fait abstraction du fait que la molécule de propylènediamine renferme un atome de carbone asymétrique ; cette molécule sera considérée simplement comme une éthylènediamine de constitution dissymétrique : $H_2N \cdot CH_2—CR_2 \cdot NH_2$.

Cette molécule dissymétrique peut, comme il ressort des formules suivantes, entrer de deux manières dans le radical complexe :

Dans la première, le carbone portant R_2 est en position éloignée du plan des deux groupes NO_2; dans la seconde, par contre, il se trouve rapproché de ce plan.

Ce genre d'isomérie résulte des deux positions différentes du substituant dans un groupe appartenant à l'octaèdre ; il peut, de ce fait, être nommé *isomérie géométrique de substitution*. C'est un phénomène nouveau d'isomérie qui n'a jusqu'à présent pas d'analogie.

Dans les cas les plus simples, cette isomérie se fera remarquer par l'existence de deux séries de combinaisons, par exemple deux séries de sels « flavo »

$$\left[(O_2N)_2\,Co^{en}_{pn}\right]X$$

que l'on pourra distinguer, par les noms de séries α et β.

Nous avons étudié les sels d'éthylènediamine-propylènediamine flavo cobalt dont le radical complexe renferme un atome de carbone asymétrique ; ainsi, en tenant compte de l'asymétrie simultanée du cobalt et du carbone les configurations suivantes sont possibles :

Série α	d-cobalte	d-propylènediamine
		l-propylènediamine
	l-cobalte	d-propylènediamine
		l-propylènediamine
Serie β	d-cobalte	d-propylènediamine
		l-propylènediamine
	l-cobalte	d-propylènediamine
		l-propylènediamine

Il faudra donc s'attendre à l'existence de huit isomères optiques. Dans la série « crocéo », la propylènediamine active donne naissance à deux isomères énantiomorphes, de sorte qu'en tout dix séries de combinaisons isomères peuvent exister selon la formule

$$\left[\begin{matrix}O_2N\\O_2N\end{matrix}Co\begin{matrix}en\\pn\end{matrix}\right]X$$

Pour examiner les conséquences déduites de la formule octaédrique, nous avons soumis à une étude détaillée les sels éthylènediamine-propylènediamine flavo. En préparant les dix séries de combinaisons optiquement actives, nous avons trouvé la théorie pleinement confirmée.

La préparation des différents isomères s'est effectuée de la ma-

nière suivante: la matière première était le cobalt trinitro-triaminé, $(O_2N)_3Co(NH_3)_3$. Soumis à l'action de l'éthylènediamine, ce corps donne naissance au cobalt trinitro-ammine-éthylènediaminé

$$(O_2N)_3Co{}^{NH_3}_{en}$$

Ce dernier, traité par la propylènediamine, donne le sel de cobalt dinitro-éthylènediamine-popylènediamine.

$$(O_2N)_3Co{}^{NH_3}_{en} + pn = \left[(O_2N)_2Co{}^{pn}_{en}\right]NO_2 + NH_3$$

Ces essais ont été exécutés parallèlement avec les d- et l-propylènediamines. Le sel flavo a pu être précipité dans sa solution au moyen d'alcool, le sel crocéo cristallise dans la solution mère concentrée au bout d'un jour. 20 grammes de sel trinitro-ammine-éthylènediaminé ont donné douze grammes de sel flavo et 5 à 6 grammes de sel crocéo. Le crocéo-nitrite a été recristallisé dans l'eau, où il est facilement soluble, et obtenu à l'état de fines aiguilles jaunes. Le pouvoir rotatoire est le suivant :

Série d-pn $[\alpha]_D = -12°$ $[\alpha]_E = -22°$

Série l-pn $[\alpha]_D = +12°$ $[\alpha]_E = +22°$

En traitant avec précaution le nitrite par l'acide chlorhydrique, on obtient le chlorure.

Les nitrites flavo, convenablement traités, sont transformables en différents sels dont la cristallisation fractionnée donne régulièrement naissance à deux formes cristallines : une série en prismes et une série en aiguilles. On obtient par conséquent les sels suivants :

1. Prismes contenant d-propylènediamine.
2. » » l-propylènediamine.
3. Aiguilles » d-propylénediamine.
4. » » l-propylènediamine.

Le cobalt se trouve à l'état racémique dans ces quatre séries de sels qui peuvent être scindés par l'intermédiaire de leurs bromocamphre-sulfonates. En général nous n'avons pas séparé les deux formes cristallines (prismes et aiguilles), mais nous avons soumis à l'action du sulfonate le sel flavo de la d-propylènediamine ou de la l-propylène-diamine. On obtient alors quatre bromocamphre-sulfonates de la série d-propylènediamine et autant de la série l-propylènediamine.

d-bromocamphre-sulfonates de la série d-propylène-diamine, solutions à 0,5 %

I	$\alpha_D = +0°,05$;	$[\alpha]_D = +\ 10°$
	$\alpha_E = +0°,5$;	$[\alpha]_E = +100°$
II	$\alpha_D = +0°,1$;	$[\alpha]_D = +\ 20°$
	$\alpha_E = +0°,6$;	$[\alpha]_E = +120°$
III	$\alpha_D = +0,°3$;	$[\alpha]_D = +\ 60°$
	$\alpha_E = +0°,45$;	$[\alpha]_E = +\ 90°$
IV	$\alpha_D = \pm 0°$	
	$\alpha_E = +0°,70$;	$[\alpha]_E = +140°$

d-bromocamphre-sulfonates de la série l-propylène-diamine, solutions à 0,5 %

I	$\alpha_D = +0°,53$;	$[\alpha]_D = +106°$
	$\alpha_E = +0°,01$;	$[\alpha]_E = +\ 10°$
II	$\alpha_D = +0°,31$;	$[\alpha]_D = +\ 62°$
	$\alpha_E = +0°,40$;	$[\alpha]_E = +\ 80°$
III	$\alpha_D = +0°,35$;	$[\alpha]_D = +\ 70°$
	$\alpha_E = +0°,45$;	$[\alpha]_E = +\ 90°$
IV	$\alpha_D = +0°,65$;	$[\alpha]_D = +130°$
	$\alpha_E = +0°,07$;	$[\alpha]_E = +\ 14°$

En broyant les bromocamphre-sulfonates avec de l'acide bromhydrique on obtient les bromures qui, par double décomposition, peuvent être transformés en d'autres sels. Les bromures ont les pouvoirs rotatoires suivants :

Série d-pn		Série l-pn	
d-Co	l-Co	l-Co	d-Co
− 30°	− 60°	+ 30°	+ 60°
− 6°	− 108°	+ 6°	+ 108°

Les sels sont caractérisés par une dispersion rotatoire nettement anormale : en fonction de la longueur d'onde la rotation change plusieurs fois de signe. L'allure des courbes est analogue dans les deux séries (prismes et aiguilles), mais les courbes diffèrent considérablement dans les détails. La dispersion rotatoire est bien plus simple, et la rotation ne change qu'une seule fois de signe, dans les deux séries de sels à carbone racémique et à cobalt actif. Enfin ce phénomène ne se manifeste pas dans les combinaisons à cobalt racémique et à carbone actif, dont le pouvoir rotatoire augmente normalement.

Le résultat important de cette étude, effectuée en collaboration avec M. Smirnoff, est qu'une nouvelle conclusion très remarquable, déduite de la formule octaédrique, s'est trouvée amplement confirmée par l'expérience.

M. Fichter (Bâle). — *Démonstration de l'hydrolyse de l'acide borique au moyen du tournesol.*

Une solution d'acide borique, saturée à la température ordinaire et additionnée de quelques cm^3 de teinture de tournesol, est nettement rouge. Lorsqu'on dilue cette solution, la coloration vire très sensiblement au bleu, parce que la concentration des ions $H^{\cdot}$ s'abaisse au-dessous du point neutre qui détermine le virage du tournesol.

M. Paul Dutoit (Lausanne). — *Sur le mécanisme de la formation des précipités.*

La volumétrie physico-chimique, qui utilise les conductibilités électriques comme « indicateur de fin de réaction » se prête particulièrement bien à l'étude du mécanisme des précipitations. On sait que la représentation graphique des titrages effectués par cette méthode se compose, dans les cas les plus simples, de deux droites. Leur intersection fournit le résultat analytique cherché ; elle correspond à la fin de la réaction.

Les recherches exécutées depuis plusieurs années au laboratoire de Lausanne, ont conduit à une observation tout à fait générale, c'est que le point théorique de fin de précipitation ne correspond jamais exactement au point de fin de réaction observé, lors du titrage volumétrique. En d'autres termes, un précipité n'a jamais, au moment de sa formation, la composition qui correspond à sa formule chimique ; il « entraîne » toujours une quantité plus ou moins grande du réactif ou du sel à doser. Cet entraînement — l'écueil des analyses gravimétriques — peut se produire soit par adsorption, soit par formation de solutions solides, soit enfin par formation de complexes.

1. L'*adsorption* intervient dans tous les cas. Contrairement à l'opinion courante, ce n'est pas un phénomène instantané. Elle est diminuée par élévation de température ou par addition d'alcool. Elle est d'autant plus faible que le précipité est mieux floculé et suit la règle de la valence. Toutes choses égales, elle est d'autant plus forte que le rapport des solubilités du sel absorbé et du précipité est plus faible. La conductibilité d'une solution contenant un précipité adsorbant ne prend pas d'emblée sa valeur définitive.

M. Péronne (Thèse, Lausanne, 1915) qui a effectué des titrages de précision (température constante à 0°001, conductibilité mesurée à 1 : 20000me, etc.), dont les résultats concordaient entre eux à 1 : 10000, a pu établir qu'en opérant suffisamment vite et en faisant floculer le précipité, on supprime pratiquement l'adsorption par les précipités peu adsorbants comme AgBr. Les rapports atomiques KBr/Ag, NaBr/Ag obtenus en titrant les bromures alcalins par $AgNO_3$ — en présence d'un sel de lanthane qui agit comme floculateur et charge le précipité positivement — sont aussi exacts que les meilleurs rapports gravimétriques. La volumétrie physico-chimique, appliquée à des précipitations, se prête donc à la fixation des poids atomiques, lorsqu'il y a simplement adsorption par le précipité.

Parmi les cas d'adsorption qui ont été étudiés avec quelque détail, il faut citer celui de l'oxalate de chaux, qui fera l'objet d'une prochaine publication de M. Passayanidès.

2. *La formation de solutions solides* déplace aussi le point de fin de réaction. On peut, dans ce cas, obtenir des écarts très considérables entre le point théorique et le point observé. L'addition d'alcool augmente la concentration des solutions solides; l'élévation de température la diminue (cas général). La conductibilité prend d'emblée sa valeur définitive. Un exemple intéressant (racémate de Ca) a été étudié par M. Duboux.

3. *La formation successive de complexes* semble être un phénomène fréquent, qui explique le mécanisme de la formation d'un grand nombre de précipités. La réaction générale

$$A/B + C/D = AC \text{ (insoluble)} + B/D$$

entre le sel ionisé à titrer, AB, et le sel réactif, CD, représente les états initiaux et finaux. Elle se passe souvent par stades successifs: les complexes $(AB)^n (AC)^n$, formés par les premières additions de CD, réagissent ensuite plus ou moins rapidement avec un excès de réactif. Le titrage fournit des résultats qui se rapprochent d'autant plus de la valeur théorique que la durée de l'opération est plus lente. La « courbe de précipitation » peut présenter plusieurs inflexions, caractéristiques de complexes relativement stables. Un

cas très intéressant a été publié par Pierre Dutoit *(Journ. de Ch. Phys.,* 1913); un autre exemple sera publié prochainement par M. Korsakof: il concerne la précipitation de l'alumine. D'autres exemples, destinés à illustrer les réactions successives qui se passent lors de la formation de précipités de composition simple, comme $BaSO_4$, sont à l'étude actuellement.

M. Duboux (Lausanne). — *Sur un calorimètre différentiel.*

Alors qu'en calorimétrie ordinaire on mesure directement l'effet thermique produit par la réaction en jeu, en calorimétrie différentielle, au contraire, on rapporte cet effet à un autre de grandeur connue, qu'on choisit comme terme de comparaison. Le calorimètre différentiel que M. Duboux a établi, en collaboration avec M. G. Urbain, permet d'étudier indifféremment les réactions exo- et endothermiques. Dans le premier cas, l'effet thermique de comparaison est obtenu en neutralisant une certaine quantité d'acide chlorhydrique par une solution de soude titrée (chaleur de neutralisation 13,7 cal. par mol. gr.); dans le deuxième cas, cet effet est obtenu en dissolvant un poids connu de cristaux de chlorure d'ammonium dans l'eau (chaleur de dissolution = —3,9 cal. par mol. gr.). L'appareil se compose de deux vases de Dewar argentés intérieurement, d'une contenance de 1 litre environ. Dans l'un, A, on produit la réaction dont on veut mesurer l'effet thermique Δt_A; dans l'autre, B, on produit l'effet thermique de comparaison Δt_B, jusqu'à ce qu'on ait l'égalité $\Delta t_A = \Delta t_B$. Pour constater l'identité des deux effets, les auteurs utilisent un thermomètre différentiel à air, dont les deux réservoirs plongent dans les vases Dewar, et qui fonctionne comme instrument de zéro. Le dispositif est complété par deux burettes d'un type spécial contenant les réactifs, et par deux agitateurs mécaniques qui brassent continuellement les solutions à l'intérieur des deux vases Dewar.

Le principal avantage du calorimètre différentiel est de permettre l'étude des réactions dont l'effet thermique est de l'ordre du centième de degré. De fait, la sensibilité du thermomètre est très grande, puisqu'elle atteint facilement le 1/10000 de degré. Toutefois, l'appareil présente encore quelques inconvénients, qui font que la précision des mesures ne dépasse pas 1/3000 de degré. En y apportant certaines modifications, M. Duboux espère obtenir une plus grande exactitude.

Un second avantage du calorimètre résulte de la disposition symétrique des pièces qui le composent. Toutes choses étant égales, les erreurs qui affectent les mesures sont plus considérables en calorimétrie ordinaire qu'en calorimétrie différentielle; les

pertes ou gains de chaleur par rayonnement, par agitation, etc., sont, en principe tout au moins, les mêmes dans les deux vases de Dewar et se compensent automatiquement.

O. Billeter et G. de Montmollin (Neuchâtel). — *De l'action du cyanate de benzène-sulfonyle sur certaines combinaisons sulfurées.*

Le cyanate de benzène-sulfonyle pouvant être employé pour le diagnostic du groupe OH (voir Altwegg. Thèse. Neuchâtel 1910), il a paru intéressant aux auteurs d'examiner si ce produit pouvait aussi être utilisé pour déceler le groupe SH ; son action sur les mercaptans avait déjà été constatée (Altwegg), — Ce cyanate forme avec la thiocarbanilide une combinaison répondant à la formule $C_6H_5SO_2NH \cdot CO \cdot SCNC_6H_5 . NHC_6H_5$, qui se décompose par la chaleur en dégageant de l'oxysulfure de carbone, d'où l'on peut conclure à la présence du groupe SH. Avec l'acide thioacétique il se produit une combinaison bien cristallisée répondant à la formule d'un produit d'addition. Ce produit fournit par la chaleur un mélange de $^3/_4$ de COS avec $^1/_4$ de CO_2. Ce phénomène ne peut guère s'interpréter qu'en admettant une transposition partielle du produit d'addition précédant la décomposition par la chaleur. Le sens de cette transposition n'est pas encore élucidé. Cette communication a pour but de réserver le sujet dont l'étude a dû être interrompue.

F. Kehrmann (Lausanne). — *Expérience de cours.*

L'auteur démontre la préparation rapide, en cinq minutes, du bromure du bleu de méthylène bien cristallisé, à partir de la thiodiphénylamine, du brome et de la diméthylamine. La description détaillée de cet essai sera prochainement publiée ailleurs.

L. Reutter (Genève). — *Contribution à l'étude chimique de la poudre physiologique de genêt* (Sarothamnus Scoparius).

Cette poudre, très hygroscopique, jaune verdâtre, très soluble dans l'eau, l'alcool étendu, en partie soluble dans le chloroforme, l'éther acétique, insoluble dans l'éther, me fut remise par M. le Prof. Perrot et provenait des laboratoires de Boulanger et Danser de Paris. Elle se dissout avec une coloration rouge foncée dans les alcalis et donne avec l'eau des solutions neutres (donc absence d'acides ou de bases libres) ne faisant pas dévier le plan de la lumière polarisée. Les acides la précipitent en partie, tandis que les réactifs généraux des alcaloïdes n'y produisent aucune réaction spécifique.

Ses solutions aqueuses, une fois hydrolysées, ne renfermant pas de sucre : donc absence de glucosides, mais elles se précipitent par addition des réactifs généraux aux bases végétales en donnant des dépôts assez volumineux. Cette poudre renferme, selon les données de M. Rippert[1] 0,7 % d'une combinaison cristallisée sous forme d'aiguilles jaunes, fusibles à 51° formées de scoparine combinée à la spartéine et obtenue en traitant l'extrait physiologique par du chloroforme. Cet auteur admet même que les 15 % de la spartéine totale de cet extrait doivent s'y trouver, soit à l'état libre, soit à l'état de combinaison non encore étudiée, l'autre partie étant probablement combinée à la scoparine qui selon lui est un alcaloïde (1).

a) Cette poudre soumise à l'extraction successive par le chloroforme, l'acétone, l'éther acétique et l'alcool méthylique abandonne à tous ces dissolvants des combinaisons oléagineuses jaune-brunâtre qui exigent pour 1 gr. de résidu :

3,85 cm³	de KOHn/10	pour	l'extraction	chloroformique
12,25 cm³	»	»	»	acétonique
24,6 cm³	»	»	»	à l'éther acétique
12,1 cm³	»	»	»	à l'alcool méthylique

pour mettre la spartéine en liberté. Cela prouve que cette dernière y est toujours combinée et qu'elle se rencontre non seulement dans l'extraction chloroformique mais aussi dans les autres.

b) Ces divers extraits traités par la potasse caustique aqueuse, puis agités avec de l'éther donnent :

1. Une solution éthérée qui, distillée à 40°, abandonne un résidu oléagineux très alcalin, distillant à 326°, d'odeur narcotique et de saveur très amère, donnant toutes les réactions caractéristiques des alcaloïdes et de la spartéine. Ce résidu, soumis à l'analyse élémentaire, donne des résultats correspondants à la formule $C^{15}H^{26}N^{2}$.

Nous pouvons donc admettre être en présence de la spartéine dont la formule est identique à celle-ci et qui bout à 325°.

2. Une solution aqueuse qui, évaporée puis acidifiée, abandonne un résidu jaune-brunâtre. Celui-ci, repris par de l'alcool bouillant, laisse déposer des aiguilles jaunes, fusibles à 203°, sublimant à 210°, peu solubles dans l'eau froide, très solubles dans l'alcool bouillant et dont les résultats de l'analyse élémentaire correspondent à la formule $C^{20}H^{19}N^{10}$.

Le point de fusion, le résultat analytique et les réactions spécifiques à ce corps permettent de conclure que nous nous trouvons en présence de la scoparine.

[1]) Rippert, Thèse de doctorat : Contribution à l'étude physiologique du genêt. Montpellier 1911.

En conséquence la spartéine est toujours combinée dans ces résidus extractifs à la scoparine sous la forme d'un liquide sirupeux, soluble non seulement dans le chloroforme mais dans les trois autres dissolvants mentionnés, lesquels extraient la totalité de cette combinaison renfermée dans la poudre physiologique de genêt.

c) Il se dépose, en outre, dans les liqueurs provenant de l'extraction chloroformique, des cristaux blancs non analysables et des aiguilles jaunes, fusibles à 203°, qui purifiées, donnent toutes les réactions de la scoparine, mais qui hydrolysées, ne donnent pas celles de la spartéine.

Cette poudre physiologique renferme 0,875 $^0/_0$ de spartéine combinée à la scoparine.

S. Reich (Genève). — *Nitration de l'acide phénylpropionique.*

L'acide phénylpropiolique peut être nitré sans qu'il se produise en même temps la moindre oxydation de la chaîne latérale. Cet essai a été entrepris pour constater dans quelle position le groupe $C \equiv C \cdot COOH$ orienterait le nouveau substituant. Etant donné que ce groupe est peu saturé et fortement acide, on devrait s'attendre à ce qu'il dirige le groupe nitro en position méta. Cependant l'expérience a donné un résultat différent. En faisant la nitration à une température de —20° on obtient exclusivement de l'acide paranitrophénylpropiolique, et si l'on opère à 0° on obtient un mélange d'acides para- et ortho-nitro-phénylpropioliques dans lequel l'isomère para prédomine. Ce résultat est donc contraire aux prévisions théoriques.

E. Briner (Genève). — *Sur la formation et la décomposition des carbures métalliques.*

L'auteur ajoute quelques mots à ce que l'on trouve au point de vue général dans les monographies consacrées aux carbures métalliques. On a admis l'existence de ces corps sous forme de gisements à l'intérieur de la terre. Mais il y a lieu de leur attribuer un rôle plus général si l'on tient compte des hypothèses actuellement admises sur la nature et la température du noyau terrestre. Comme le démontre la composition des météorites d'origine extraterrestre, ce noyau contient du carbone libre et combiné, à côté de métaux, fer, nickel, etc. Ces corps, se trouvant en présence à des températures réparties sur une échelle très étendue, donneront lieu à des formations et à des transformations de carbures métalliques. Celles-ci étant réversibles, ainsi que l'auteur a pu le constater sur les carbures étudiés, on leur appliquera le principe de

l'équilibre mobile, d'après lequel les carbures endothermiques seront stables aux températures élevées et se décomposeront par refroidissement et les carbures exothermiques subiront des transformations inverses. Il convient donc d'établir, plus méthodiquement qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, les conditions de formation des carbures à partir de leurs éléments et de leur décomposition, ainsi que l'action sur eux de différents agents, tels que l'air, l'eau, avec lesquels ils sont appelés à entrer en contact. Les résultats de ces recherches pourront servir aussi aux pétrographes pour l'explication de la genèse de quelques-uns des nombreux corps que l'on rencontre dans l'écorce terrestre. En s'inspirant de ces considérations, l'auteur, en collaborarion avec MM. Kuhne et Senglet, a étudié le carbure de calcium (faiblement exothermique), le carbure d'aluminium (fortement exothermique), le carbure de nickel (fortement endothermique) et le système carbone-cuivre.

A. Pictet et Otto Kaiser (Genève). — *Sur les hydrocarbures de la houille.*

Les auteurs ont étudié le produit d'extraction benzénique de la houille de la Sarre, préparé à leur intention par la maison Hoffmann-La Roche & C°, à Bâle.

Ce produit forme une masse visqueuse brune, de densité 1,000. Distillé à la vapeur d'eau il fournit 28 $^{0}/_{0}$ d'huile volatile de densité 0,875 et de coloration jaunâtre, possédant une activité optique faible ($\alpha_D = -0,13$).

Traitée par le sodium pour enlever les phénols et les alcools, cette huile se compose d'hydrocarbures non saturés à raison de $^{4}/_{5}$, le $^{1}/_{5}$ restant étant formé d'hydrocarbures saturés. Ces deux groupes ont été séparés selon la méthode d'Edeleanu au moyen de l'anhydride sulfureux liquide.

Les hydrocarbures non saturés ont été fractionnés à la pression atmosphérique et les auteurs ont réussi à en isoler les quatre corps suivants :

Hydrocarbures		Points d'ébullition	Densité à 20°	Indice de réfraction à 20°
Formule	Nom			
C_7H_{10}	Dihydrotoluène	108-110°	0,7970	1,4444
C_8H_{12}	Dihydrométaxylène	135-137°	0,8324	1,4697
C_9H_{14}	Dihydromésitylène	166-168°	0,8454	1,4773
$C_{10}H_{16}$	—	180-182°	0,8482	1,4850

Ces hydrocarbures appartiennent tous à la même série homologue C_nH_{2n-4}. Leur constitution a été déterminée au moyen de

leurs dérivés nitrés et bromés. Dans les fractions supérieures il a été en outre possible d'obtenir par congélation deux corps à l'état solide. Le produit de distillation passant entre 210 et 220° renferme un peu de naphtaline $C_{10}H_8$ (p. f. 80°) et celui qui passe aux températures de 251-254° abandonne dans un mélange réfrigérant du dihydrofluorène $C_{13}H_{12}$ (p. f. 109°). Aucun de ces hydrocarbures n'est optiquement actif.

Le liquide contenant les hydrocarbures saturés, purifié à l'aide d'acide sulfurique concentré, fut également fractionné. L'analyse élémentaire des fractions distillant à basse température indique une teneur en hydrogène trop élevée pour qu'on puisse les considérer comme des naphtènes purs. Par contre, les corps distillant au-dessus de 200° sont des naphtènes, notamment :

Formule	Point d'ébullition	Densité	Indice de réfraction
$C_{12}H_{24}$	211-212	0,7865 à 21°	1,4307 à 21°
$C_{13}H_{26}$	227-229	0,7952 à 20°	1,4349 à 20°

Ils appartiennent à la série C_nH_{2n} ; leurs densités et leurs indices de réfraction concordent avec ceux des cyclanes isolés par Pictet et Bouvier (B. 47, 928), dans le goudron du vide de la houille de Montrambert, ainsi que de ceux trouvés par Mabery dans les pétroles américains (Am. Soc. 19. 470 et 33. 264). Il est particulièrement intéressant que le pouvoir rotatoire du carbure $C_{13}H_{26}$ est $\alpha_D = +0,78$.

Les résultats de cette étude démontrent que les hydrocarbures mentionnés préexistent dans la houille. De même l'identité des hydrocarbures retirés de la houille et de ceux trouvés dans certaines espèces de pétrole, a été confirmée à nouveau.

A. Pictet et T. Q. Chou (Genève). — *Formation directe d'alcaloïdes à partir des albumines.*

Si l'on admet que les alcaloïdes végétaux sont des produits de désassimilation, qui se forment dans la plante à partir des albumines, il faut expliquer comment il peut se faire que la molécule de beaucoup d'entre eux contienne des noyaux azotés hexagonaux (pyridine, quinoline, isoquinoline) tandis qu'il ne se trouve dans la molécule des albumines que des noyaux pentagonaux (pyrrol, indol). L'un des auteurs a émis l'hypothèse qu'il y a dans les tissus végétaux, passage de l'un des noyaux à l'autre sous l'influence de l'aldéhyde formique, laquelle prend continuellement

naissance dans les feuilles. L'élargissement du noyau pentagonal pourrait alors avoir lieu, soit selon le processus étudié par Ciamician, soit par le fait que ce noyau se romprait et que ses deux fragments se condenseraient de nouveau avec une molécule d'aldéhyde formique.

Dans le but de vérifier expérimentalement cette hypothèse, nous avons hydrolysé une certaine quantité de caséine en la chauffant avec de l'acide chlorhydrique concentré, et nous avons fait tomber goutte à goutte du méthylal dans le mélange pendant toute la durée de l'opération. On sait que le méthylal est décomposé par les acides minéraux en alcool méthylique et aldéhyde formique. L'hydrolyse de l'albumine s'effectuait donc en présence d'une source permanente d'aldéhyde formique, c'est-à-dire dans des mêmes conditions que dans la plante.

Le produit de la réaction est très complexe ; il nous aurait fallu beaucoup de temps et de travail pour l'étudier complètement. Nous avons été au plus pressé, qui était d'y déceler l'existence de composés à noyaux hexagonaux. Pour cela nous avons évaporé le liquide à sec et après l'avoir mélangé à de la chaux, nous l'avons soumis à la distillation. Ce traitement élimine les carboxyles, et peut-être certaines chaînes latérales, mais il laisse intacts les noyaux.

Le distillat forme les 9 % de la caséine employée. Il est presque entièrement basique, et renferme des bases primaires, secondaires et tertiaires. Ces dernières seules nous intéressant, nous les avons débarrassées des autres par un traitement au nitrite de soude, puis nous les avons soigneusement fractionnées. Des différentes fractions, nous avons pu retirer et caractériser les bases suivantes :

1. Pyridine (en faible quantité).
2. 2-6 Diméthylpyridine (formule I).
3. Une base C_7H_9N différente des neuf éthyl- ou diméthylpyridines isomériques, qui sont toutes connues.

Cette base décolore le permanganate à froid ; elle pourrait être une vinyl-dihydro-pyridine (II) ou une quinuclidéine (III). La petite quantité de substance que nous avions à notre disposition ne nous a pas permis de trancher cette question, ce qui aurait facilement pu se faire par une simple réduction. La stabilité de la base, ainsi que les points de fusion très élevés de ses sels, parlent cependant en faveur de la formule III.

4. Isoquinoline (plus de 50 % du mélange).
5. 4-méthylisoquinoline (formule IV).
6. Une base $C_{11}H_{11}N$ (Diméthylisoquinoline ?).
7. Une base $C_{12}H_{13}N$.

H_3C- (N) $-CH_3$ | $CH=CH_2$, HC, CH_2, HC, CH_2, N | H, C, HC CH_2 CH, HC CH_2 CH, N | CH_3, N
I | II | III | IV

Chose curieuse, il ne nous a pas été possible d'isoler du mélange basique la moindre trace de quinoline ou de méthylquinoline.

Il va de soi qu'un essai identique au précédent, a été fait sans addition de méthylal ; il n'a fourni aucune des bases précédentes.

L. Pelet (Lausanne). — *Pouvoir adsorbant de quelques dérivés de la cellulose.*

Dans les mêmes conditions la cellulose du coton (5 gr.) adsorbe 40 mmgr. de bleu de méthylène, le coton traité par l'acide sulfurique concentré retient jusqu'à 300 mmgr. ; après traitement par l'acide chlorhydrique concentré la cellulose ne possède pas de pouvoir adsorbant. La nitrocellulose fixe 42 mmgr. de bleu de méthylène mais après dénitration ce produit adsorbe jusqu'à 200 mmgr.

Le produit obtenu dans chacun de ces traitements a été lavé à fond jusqu'au moment où l'eau de lavage ne présente aucune augmentation de conductibilité.

Le tanin fixé sur le coton n'est pas retenu solidement, les lavages prolongés l'éliminent complètement ; au contraire le passage en émétique du coton engallé fixe le tanin sous forme insoluble. Il y a lieu de remarquer que l'adsorption du bleu de méthylène à chaud par le coton engallé donne des valeurs plus élevées qu'à froid et la fixation du bleu de méthylène prend le caractère d'une combinaison chimique.

Dans le mordançage de la laine par les sels de fer ou d'aluminium, on observe que l'oxyde d'aluminium n'est pas fixé solidement et les lavages prolongés l'éliminent progressivement, tandis que l'oxyde de fer est retenu par la fibre. L'adsorption de colorants acides par la laine mordancée présente à chaud les mêmes caractères que le coton engallé vis-à-vis des colorants basiques ; la quantité de colorant acide fixé ne varie que dans de très faibles limites malgré les différences de concentration du bain.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites chaque jour à Altdorf et à Fribourg, entre 1 h. 30 et 2 h. du soir

OCTOBRE 1915

Date	Altdorf			Fribourg			Temps
	λ	P. G.	Cour[t]	λ	P. G.	Cour[t]	
1	218	30	22	159	75	41	A la pluie.
2	320	53	57	169	77	43	Couvert.
3	—	0	—	—	40	—	Pluie.
4	—	-198	—	238	112	89	» à Altdorf.
5	—	0	—	245	91	74	» »
6	310	20	21	245	61	50	A la pluie.
7	221	66	49	264	74	65	Couvert.
8	420	56	78	246	108	89	Beau, brumeux.
9	344	58	67	249	146	121	» »
10	216	64	46	—	—	—	Brouillard à Fribourg.
11	170	69	39	256	117	109	Couvert, brumeux.
12	142	57	27	190	-150 à -70	—	Pluie à Fribourg.
13	232	45	35	251	99	96	Couvert.
14	293	87	85	246	123	101	Assez beau.
15	250	81	68	251	110 à 181	—	» »
16	236	108	85	244	116	92	Nébuleux à Fribourg.
17	294	78	76	210	81	56	Brouillard »
18	290	70	68	—	> 250	—	» »
19	237	72	57	223	92	68	Nébuleux »
20	267	67	60	282	115	108	» »
21	243	63	51	232	90 à 220	—	» »
22	199	99	66	278	90	83	» »
23	350	57	67	155	70 à 127	—	Brouillard »
24	337	48	54	—	—	—	Assez beau.
25	292	59	57	319	80	85	A la pluie à Fribourg.
26	242	52	42	212	50	35	Couvert.
27	213	32	23	194	120 à 185	—	»
28	413	73	101	259	127	105	Beau.
29	255	72	61	206	115	78	Nébuleux à Fribourg.
30	286	+49 à -136	—	205	114	67	Pluie Adf, nébul. Fbg.
31	385	54	69	249	116	105	Assez beau.

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$

P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat

Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1915

Les 2 et 3, très forte bise.
Le 9, gelée blanche le matin ; brouillard de 8 h. à 11 h. du matin.
10, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
11, brouillard de 8 h. à 9 h. 30 du matin.
12, pluie de 8 h. 30 à 9 h. 30 et de 10 h. 30 du matin à 8 h. 20 du soir.
13, pluie de 6 h. à 8 h. du soir.
Les 14 et 15, rosée le matin.
Le 16, rosée le soir.
17, brouillard matin et soir.
Le 18, brouillard le matin.
20, pluie de 8 h. 30 à 9 h. 30 du soir.
21, rosée le soir.
Les 22 et 23, gelée blanche le matin.
24, pluie de 8 h. 30 à 10 h. du soir et dans la nuit.
25, pluie de 7 h. à 8 h., de 10 h. à midi, de 1 h. à 4 h. et de 6 h. à 8 h. du soir.
26, très forte bise.
28, **première gelée à glace de la saison.**
29, pluie dans la nuit.
30, pluie de 11 h. du matin à 4 h. du soir.
31, gelée blanche le matin ; pluie à 2 h., à 4 h., à 10 h. du soir et dans la nuit ; neige sur le Jura et le Salève.

GENÈVE — OCTOBRE 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	24.2	24.9	26.8	24.83	− 2.03	22.6	26.9	SW. 1	NNE. 1	N. 0	NNE 1	7.1	6	7	10	6	3.2	....	....
2	25.8	25.4	27.0	26.13	− 0.70	25.4	27.1	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 3	25.9	9	9	1	6	4.1	....	....
3	27.1	27.2	28.1	27.45	+ 0.66	26.9	28.2	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	20.1	9	9	1	6	2.5	....	....
4	28.5	27.3	27.4	27.73	+ 0.97	26.9	28.7	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 2	19.4	3	6	2	5	6.5	....	....
5	26.8	26.7	28.0	27.09	+ 0.36	26.5	28.0	NE. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 1	11.0	9	5	10	8	2.3	....	....
6	27.9	28.4	29.9	28.25	+ 1.56	26.6	30.1	NE. 1	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 2	16.2	9	9	10	9	0.5	....	....
7	29.5	28.7	28.0	28.81	+ 2.16	27.0	29.9	SE. 0	NNE. 1	NE. 0	NNE. 1	10.8	9	6	0	5	1.6	....	....
8	25.0	22.7	22.0	23.68	− 2.95	21.5	27.0	S. 0	N. 1	W. 0	calme	0.6	10	2	0	3	7.1	....	....
9	21.9	21.3	21.9	21.69	− **4.91**	20.8	22.4	W. 0	NW. 0	N. 0	calme	0.4	8	5	10	8	3.5	1.4	2
10	23.1	23.1	24.3	23.20	− 3.37	22.4	25.2	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	3.2	10	3	0	5	5.2	....	....
11	25.2	25.1	26.6	25.48	− 1.06	24.7	26.9	NE. 0	NNE. 1	SSW. 0	NNE. 1	2.7	10	9	0	8	3.1	....	....
12	27.7	28.7	30.4	28.41	+ 1.90	26.8	30.7	SSW. 1	W. 0	W. 1	calme	1.2	10	10	10	9	0.0	**25.6**	**11**
13	31.1	30.3	30.0	**30.55**	+ 1.07	29.6	**31.5**	SW. 0	NW. 1	NNE. 1	calme	1.0	9	9	2	9	1.5	0.1	2
14	29.0	28.1	28.0	28.50	+ 2.05	27.6	29.6	NNW. 1	NNE. 2	NNE. 0	NNE. 1	3.6	9	1	3	5	**8.2**	....	....
15	26.4	25.7	26.5	26.36	− 0.06	25.4	27.8	NNE. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	4.0	9	8	0	6	2.8	....	....
16	26.8	26.8	28.4	26.93	+ 0.53	25.4	28.9	SSE 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	3.8	9	2	0	3	6.4	....	....
17	29.8	30.0	30.8	29.88	+ 3.51	28.9	31.1	SE. 0	SE. 0	SE. 0	calme	0.6	10	10	10	10	0.0	....	....
18	30.2	29.6	29.3	29.89	+ 3.54	29.0	31.0	SE. 1	NNE. 1	NNE. 1	calme	1.1	10	9	8	8	0.0	0.1	....
19	28.5	27.9	27.2	28.02	+ 1.69	26.6	29.1	E. 1	NNE. 1	SW. 0	NNE. 1	2.9	9	9	10	9	0.2	....	....
20	26.6	25.9	27.5	26.52	+ 0.21	25.6	27.5	SW. 1	NNW. 1	W. 1	NNE. 1	6.3	9	9	10	9	0.7	....	....
21	29.0	28.4	30.2	28.88	+ 2.59	27.5	30.6	SW. 0	NE. 1	NNE. 1	calme	1.7	9	3	7	6	5.3	0.5	1
22	31.0	30.2	30.1	30.54	+ **4.27**	29.7	31.4	SSW. 1	NNE. 1	SW. 1	NNE. 1	2.0	2	2	0	1	7.8	....	....
23	29.4	29.0	29.5	29.29	+ 3.04	28.5	29.9	SSW. 1	NNE. 1	NE. 1	NE. 1	2.9	10	10	9	9	1.2	....	....
24	28.8	27.2	25.8	27.53	+ 1.29	25.0	29.2	SE. 1	SSE. 1	NNE. 0	calme	1.6	10	9	10	10	0.6	3.7	5
25	24.2	24.0	22.6	23.77	− 2.45	22.0	25.0	SW. 1	SW. 1	SSW. 0	calme	0.8	10	10	10	10	0.0	3.5	8
26	21.2	21.1	22.3	**21.60**	− 4.61	21.0	22.7	NNE. 2	NNE 3	NNE. 3	NNE. 3	**29.6**	10	10	10	10	0.0	....	....
27	22.7	24.1	24.8	23.66	− 2.54	22.4	25.1	NNE. 2	NNE. 1	SW. 1	NNE. 2	11.9	10	6	0	4	3.7	....	....
28	23.6	21.7	21.2	22.49	− 3.69	**20.5**	24.9	SSW. 1	SE. 1	SW 0	calme	1.7	1	1	10	4	8.1	....	....
29	21.2	21.9	22.4	21.71	− 4.46	21.1	22.5	SSW. 1	NNE. 1	W. 0	NNE. 1	2.8	8	10	10	8	0.0	0.3	1
30	22.4	22.7	24.8	23.21	− 2.96	22.3	25.1	NNE. 1	S. 1	SE. 1	NNE. 1	2.9	10	10	0	9	0.0	2.2	5
31	23.5	21.6	19.2	22.09	− 4.07	18.7	24.9	SW. 1	SSW. 1	NW. 1	SW. 1	3.8	10	10	10	9	0.7	5.6	6
Mois	26.39	25.99	26.49	26.26	− 0.25							6.76	8.6	7.1	5.6	7.0	86.8	43.0	41

GENÈVE — OCTOBRE 1915

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 3.4	+ 9.6	+ 5.9	+ 6.04	− **6.37**	+ 2.0	+10.3	91	52	82	77	− 4	**47**	98	11.5	− 4.2	1650
2	8.2	10.7	8.2	8.76	− 3.48	5.5	11.5	66	55	72	65	−16	51	77	12.2	− 3.4	1675
3	8.4	10.2	8.9	8.88	− 3.20	6.0	11.2	72	63	67	69	−12	57	78	—	—	1695
4	7.1	12.2	8.0	9.04	− 2.87	5.7	13.0	68	63	71	**64**	**−17**	48	75	12.4	− 2.9	1665
5	6.2	10.4	8.0	7.98	− 3.76	5.1	11.0	80	54	67	69	−12	50	84	13.0	− 2.2	1660
6	7.6	10.4	8.4	8.61	− 2.96	6.0	10.8	75	62	73	69	−12	60	80	12.5	− 2.6	1625
7	7.2	12.0	7.6	8.88	− 2.52	6.0	12.4	83	57	83	73	− 8	52	96	12.5	− 2.6	1630
8	5.0	11.2	6.5	7.66	− 3.57	3.4	12.4	94	63	88	83	+ 1	61	97	12.7	− 2.1	1600
9	2.4	10.8	9.8	7.01	− 4.04	0.5	13.4	96	75	90	88	+ 6	68	98	12.5	− 2.2	1600
10	9.0	12.8	9.0	10.13	− 0.75	6.8	14.3	96	70	92	87	+ 5	64	98	—	—	1620
11	8.8	12.7	9.5	10.28	− 0.43	6.2	13.5	94	77	90	87	+ 5	71	97	12.5	− 2.0	1610
12	9.0	12.0	11.0	10.34	− 0.19	7.2	12.4	95	93	97	**94**	**+12**	86	97	13.0	− 1.3	1615
13	9.0	15.4	12.3	**11.85**	+ **1.49**	7.8	**1.60**	97	73	94	89	+ 7	70	98	13.2	− 1.0	1625
14	9.7	14.4	11.2	11.61	+ 1.43	8.5	15.5	95	64	83	83	+ 1	62	97	13.0	− 1.1	1605
15	11.0	14.2	8.8	11.44	+ 1.44	7.0	14.6	87	67	78	78	− 4	61	91	13.2	− 0.7	1630
16	7.2	12.0	8.6	8.31	− 1.52	4.0	12.6	90	63	87	83	+ 1	60	96	13.0	− 0.8	1620
17	6.4	8.8	8.3	7.50	− 2.15	4.2	9.4	97	86	94	93	+10	83	**99**	—	—	1625
18	7.8	10.8	7.0	8.62	− 0.85	5.3	11.3	94	78	97	89	+ 6	72	98	13.0	− 0.5	1620
19	6.4	8.6	7.4	6.80	− 2.49	3.3	9.0	94	67	80	82	− 1	61	98	12.5	− 0.9	1625
20	6.4	10.8	8.8	8.26	− 0.85	5.3	11.4	91	66	86	81	− 2	63	96	12.5	− 0.8	1615
21	7.4	13.6	8.4	9.18	+ 0.25	5.5	14.7	92	53	92	81	− 2	48	95	12.5	− 0.7	1615
22	2.7	12.1	5.4	6.91	− 1.84	1.2	14.3	95	55	91	80	+ 3	51	96	12.8	− 0.2	1590
23	3.4	7.8	6.8	5.34	− 3.23	0.8	8.3	93	76	85	87	+ 4	72	95	12.5	− 0.4	1580
24	4.5	10.0	8.4	7.41	− 0.98	3.5	15.5	90	73	92	85	+ 2	70	95	—	—	1555
25	7.7	9.8	7.5	8.51	+ 0.30	6.8	10.3	90	87	97	92	+ 9	81	98	12.2	− 0.4	1575
26	7.4	7.0	6.3	7.03	− 1.01	+ 5.0	8.3	80	75	75	79	− 4	70	98	11.8	− 0.7	1590
27	+ 5.8	8.0	1.2	5.50	− 2.36	− 1.3	8.4	70	51	85	66	**−17**	48	86	11.0	− 1.3	1575
28	− 2.1	10.4	5.2	**3.54**	− 4.14	− **3.2**	11.6	93	54	84	74	− 9	50	94	11.3	− 0.9	1565
29	+ 3.5	8.1	5.6	5.91	− 1.59	+ 2.5	8.8	92	66	85	80	− 3	61	93	11.5	− 0.6	1510
30	6.0	6.6	4.6	5.84	− 1.48	+ 3.3	7.2	80	91	97	86	+ 3	72	98	11.5	− 0.4	1520
31	+ 1.4	+ 7.6	+ 7.5	+ 5.31	− 1.83	0.0	+ 8.8	98	77	84	88	+ 5	67	98	—	—	1510
Mois	+ 6.25	+10.68	+ 7.75	+ 8.01	− 1.87	+ 4.19	+11.66	88	68	85	81	− 2			12.40	− 1.58	1606

MOYENNES DE GENÈVE — OCTOBRE 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	25.90	25.61	25.99	26.04	25.57	25.55	26.06	26.36	25.89
2e »	28.14	27.93	28.13	28.31	27.80	27.53	28.09	28.50	28.05
3e »	25.42	25.04	25.18	25.39	24.72	24.36	24.79	24.93	24.98
Mois	26.45	26.16	26.39	26.54	25.99	25.77	26.27	26.54	26.26

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 6.25	+ 6.12	+ 6.45	+ 9.37	+11.03	+10.69	+ 9.09	+ 7.38	+ 8.30
2e »	7.39	7.39	8.17	10.48	11.97	11.79	10.26	8.56	9.50
3e »	4.66	4.09	4.34	7.25	9.18	8.72	7.29	5.73	6.41
Mois	+ 6.05	+ 5.81	+ 6.25	+ 8.97	+10.68	+10.35	+ 8.83	+ 7.17	+ 8.01

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	82	82	82	70	61	64	73	81	74
2e »	93	95	93	82	73	75	84	92	86
3e »	90	90	88	77	69	71	80	89	82
Mois	89	89	88	76	68	70	79	87	81

Dans ce mois l'air a été calme 199 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{143}{23} = 6.22$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		26.29
Nébulosité		7.1
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+ 8°.23
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+ 8°.11
Fraction de saturation		80 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	26.51
Nébulosité	(1847-1875)	6.9
Hauteur de pluie	(1826-1875)	101.0
Nombre de jours de pluie	(id.)	12
Température moyenne	(id.)	+ 9°.88
Fraction de saturat.	(1849-1875)	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	49.2	42.4	43.2	47.0	35.2	44.9	51.9

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	47.5	43.0	39.6	39.7	?	40.7

Insolation à Jussy : ? h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1915

Les 1, 4, 12, 20, 25, 29 30 et 31, neige.
1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 18, 20, 24, 25, 30 et 31, brouillard.
3 et 4, violente bise.
1, 11 et 29, très fort vent.
Le 5, le lac est presque complètement gelé.
19, dégel complet du lac.
30, le lac est complètement gelé.

GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	57.9	59.0	60.9	59.3	− **6.6**	57.5	61.0	SW. 3	NE. 2	NE. 1	NE 1	10	10	10	10	0.8	1
2	60.6	61.0	62.3	61.3	− 4.5	60.4	62.3	NE. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 1	9	0	10	6	....	....
3	61.4	62.1	62.9	62.1	− 3.6	61.3	63.0	NE. 5	NE. 4	NE. 4	NE. 4	8	10	10	9	....	....
4	62.4	62.4	62.2	62.3	− 3.3	62.0	63.0	NE. 4	NE. 4	NE. 2	NE 3	10	10	10	10	7.3	9
5	61.5	62.0	62.6	62.0	− 3.5	61.4	62.8	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	10	9	10	10	....	....
6	62.1	63.0	64.4	63.2	− 2.2	62.0	64.6	NE. 1	SW. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	....	....
7	64.0	64.1	63.8	64.0	− 1.3	63.7	64.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	0	0	3	....	....
8	61.8	60.8	60.6	61.1	− 4.1	60.4	63.0	NE. 2	SW. 2	NE. 1	NE 1	1	7	0	3	....	....
9	60.2	60.1	60.5	60.3	− 4.8	60.0	60.7	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	3	10	10	8	....	....
10	61.4	62.6	64.3	62.8	− 2.3	60.7	64.6	SW. 0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	4	0	2	....	....
11	65.3	66.1	67.5	66.3	+ **1.3**	64.6	67.8	SW. 1	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	5	10	8	....	....
12	67.8	68.7	69.4	68.6	+ 3.7	67.6	**69.6**	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	**47.0**	....
13	69.1	68.8	68.1	**68.7**	+ **3.9**	67.6	69.4	SW. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	4	10	8	4.0	2
14	66.4	66.1	65.6	66.0	+ 1.3	65.1	67.6	NE. 1	NE. 1	NE 1	NE. 1	10	2	10	7	....	....
15	63.8	63.5	63.7	63.7	− 0.9	63.3	65.1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE 1	5	4	8	6	....	....
16	63.2	63.7	66.1	64.3	− 0.2	63.0	66.3	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
17	66.2	66.9	67.8	67.0	+ 2.6	66.1	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE 1	3	0	0	1	....	....
18	67.4	66.0	65.8	66.4	+ 2.0	65.6	67.8	NE. 1	NE. 1	NE 0	NE. 1	10	10	10	10	....	....
19	64.5	64.1	63.7	64.1	− 0.2	63.6	65.6	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	2	2	10	5	....	....
20	63.2	64.3	64.4	64.0	− 0.2	63.2	64.6	SW. 2	SW. 1	SW. 0	SW. 1	10	10	10	10	....	....
21	64.8	66.0	66.8	65.9	+ 1.8	64.6	67.0	SW. 2	SW. 1	SW. 0	SW. 1	3	1	2	2	....	....
22	66.0	66.0	66.1	66.0	+ 2.0	66.0	67.0	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	1	0	0	....	....
23	65.1	65.5	66.2	65.6	+ 1.6	65.0	66.4	NE. 1	NE 0	NE. 0	calme	0	0	0	0	....	....
24	65.2	65.0	64.1	64.8	+ 0.9	63.8	66.3	NE. 1	NE. 0	SW. 0	calme	2	2	10	5	....	....
25	62.0	61.7	60.6	61.4	− 2.4	60.3	63.8	SW. 2	SW. 1	SW. 0	SW. 1	10	10	10	10	....	....
26	59.3	59.7	59.7	59.6	− 4.1	59.1	60.3	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	8	10	10	9	....	....
27	58.0	58.9	60.0	59.0	− 4.6	58.0	60.1	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	8	3	0	4	....	....
28	59.0	58.8	57.8	**58.5**	− 5.1	57.6	60.0	NE. 0	SW. 0	NE. 0	calme	0	0	10	3	....	....
29	57.5	58.8	59.6	58.6	− 4.9	**57.3**	59.7	SW. 3	SW. 2	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	7.0	8
30	58.4	58.0	59.6	58.7	− 4.7	57.8	59.8	SW. 1	NE. 0	NE. 2	var.	10	10	10	10	16.8	**12**
31	59.6	59.4	59.0	59.3	− 4.1	58.4	59.8	NE. 1	SW. 0	NE. 3	NE. 1	0	10	10	7	11.0	7
Mois	62.75	63.00	63.42	63.06	− 1.54							6.3	5.6	7.1	6.3	93.9	39

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 7.7	− 5.2	− 7.7	− **6.9**	− **8.4**	− 8.8	− 4.8	92	91	91	91	88	95
2	− 8.5	− 2.7	− 4.6	− 5.3	− 6.7	− 9.0	− 1.3	91	71	82	81	60	94
3	− 7.2	− 4.5	− 5.6	− 5.8	− 7.0	− 7.5	− 2.8	86	82	94	87	77	96
4	− 5.4	− 3.6	− 6.0	− 5.0	− 6.1	− 6.9	− 2.8	85	95	91	90	85	96
5	− 5.6	− 1.8	− 6.6	− 4.7	− 5.6	− 7.2	− 0.3	88	69	92	83	67	94
6	− 6.4	− 2.8	− 5.4	− 4.8	− 5.6	− 8.1	− 2.0	94	86	96	92	74	97
7	− 5.7	− 3.4	− 3.9	− 4.3	− 4.9	− 7.5	− 1.3	95	83	79	86	67	97
8	− 4.4	− 0.2	− 2.5	− 2.4	− 2.9	− 5.0	+ 1.2	80	73	87	80	66	93
9	− 4.0	− 1.6	− 2.4	− 2.7	− 3.0	− 5.0	− 1.3	86	89	91	89	78	94
10	− 3.2	+ 1.6	+ 0.8	− 0.3	− 0.5	− 4.0	+ **4.7**	84	88	81	84	58	93
11	+ 1.2	+ 2.4	+ 0.5	+ **1.4**	+ **1.4**	+ 0.1	3.2	67	87	97	84	56	98
12	0.0	0.0	0.0	0.0	+ 0.1	− 0.2	0.9	95	91	96	95	92	100
13	− 0.4	+ 2.2	+ 0.4	+ 0.7	+ 1.0	− 1.0	3.0	94	81	95	90	80	100
14	− 1.0	1.6	− 0.4	+ 0.1	+ 0.5	− 1.5	2.5	97	82	96	92	78	98
15	− 1.7	1.9	− 1.3	− 0.4	+ 0.2	− 2.0	2.3	95	80	96	90	64	97
16	− 2.2	1.2	− 0.6	− 0.5	+ 0.2	− 3.2	3.8	56	86	76	73	36	88
17	− 1.4	2.8	− 1.0	+ 0.1	+ 1.0	− 2.3	3.3	68	80	88	79	35	92
18	− 4.0	+ 0.2	− 1.8	− 1.9	− 0.8	− 4.5	0.6	98	83	98	93	77	99
19	− 2.5	0.0	− 3.5	− 2.0	− 0.8	− 4.6	+ 0.2	68	65	95	76	50	97
20	− 4.8	− 4.2	− 4.0	− 4.3	− 2.9	− 5.1	− 3.8	96	96	96	**96**	90	97
21	− 5.4	− 2.2	− 2.8	− 3.5	− 2.0	− 5.8	− 0.7	95	92	85	91	70	96
22	− 2.7	− 1.2	− 4.0	− 2.6	− 0.9	− 5.0	− 0.8	54	70	68	64	40	86
23	− 3.0	− 2.1	− 2.7	− 2.6	− 0.8	− 5.0	+ 2.1	43	41	70	**51**	23	72
24	− 2.6	+ 2.0	− 3.4	− 1.3	+ 0.7	− 4.0	+ 2.0	46	45	96	62	**21**	98
25	− 4.7	− 4.3	− 4.3	− 4.4	− 2.3	− 5.1	− 3.8	95	94	94	94	90	100
26	− 5.7	− 4.0	− 4.3	− 4.7	− 2.4	− 6.2	− 3.6	93	91	87	90	78	98
27	− 4.8	− 2.8	− 6.6	− 4.7	− 2.3	− 6.8	+ 0.8	87	81	47	72	23	91
28	− 6.4	− 3.1	− 5.3	− 4.9	− 2.3	− 7.6	− 1.8	46	89	68	68	22	88
29	− 5.3	− 5.2	− 6.2	− 5.6	− 2.9	− 7.1	− 4.8	84	99	99	94	65	100
30	− 6.5	− 3.6	− 6.1	− 5.4	− 2.5	− 7.5	− 1.8	97	94	98	**96**	83	99
31	− 8.6	− 4.6	− 5.9	− 6.4	− 3.4	− **9.5**	− 3.8	95	86	97	93	76	98
Mois	− 4.21	− 1.52	− 3.46	− 3.06	− 2.58	− 5.25	− 0.35	82	82	88	84		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	61 33	61.71	62.45	61.83	88	83	88	86
2e »	65.69	65.82	66.21	65 91	83	83	93	87
3e »	61.35	61.62	61.77	61.58	76	80	83	80
Mois	62.75	63.00	63.42	63.06	82	82	88	84

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 5.81	— 2.42	— 4.39	— 4.21	— 4.25
2e »	— 1.68	+ 0 81	— 1.17	— 0.68	— 0.80
3e »	— 5.06	— 2.83	— 4.69	— 4.19	— 4.32
Mois	— 4.21	— 1.52	— 3.46	— 3.06	— 3.16

Dans ce mois l'air a été calme 215 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{66}{50} = 1.32$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	14.6	16.0	35.8	93.9
Neige en centimètres....	—	—	14	39

NOTE SUR LA THÉORIE ANALYTIQUE

DES

CORPS SOLIDES COTÉS

PAR

C. CAILLER

(Suite [1])

Invariants de deux corps

§ 9. Nous savons qu'en imprimant au système d'axes un mouvement p, tout corps A et toute droite L changent d'expression analytique en devenant respectivement

$$\bar{p}A \qquad \text{et} \qquad \bar{p}Lp \quad .$$

De là les conséquences suivantes, relatives à deux corps A et B [2].

1° Le produit $\bar{B}A$ est invariant, c'est-à-dire conserve sa valeur quand on déplace le système de référence. En effet, ce produit devient

$$\bar{B}p\bar{p}A = \bar{B}A \quad ,$$

ou reprend sa forme primitive.

Posons, comme de coutume,

$$A = A_0 + i_1 A_1 + \ldots \qquad B = B_0 + i_1 B_1 + \ldots \quad ,$$

[1]) Voir *Archives*, t. XL, p. 361.

[2]) Je représenterai désormais très souvent par la même lettre un corps et le quaternion correspondant.

puis, en mettant en évidence les parties scalaire et vectorielle, $\bar{B}A = (AB) + \{AB\}$, avec

$$(AB) = \quad A_0B_0 + A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3 \quad , \tag{21}$$

$$\{AB\} = i_1[A_1B_0 - A_0B_1 + A_2B_3 - A_3B_2] + \dots \; ; \tag{22}$$

chacune de ces quantités est invariante.

2° Le produit $B\bar{A}$, lequel n'est pas ordinairement un vecteur, se transforme comme s'il était un vecteur. En effet, ce produit devient

$$\bar{p}B\overline{pA} = \bar{p}(B\bar{A})p \quad .$$

Ici encore, mettons en évidence les parties scalaire et vectorielle $\bar{B}A = (AB) + [AB]$. L'expression (AB) est la même que ci-dessus ; quant à $[AB]$, il vaut

$$[AB] = i_1(A_0B_1 - A_1B_0 + A_2B_3 - A_3B_2) + \dots \quad , \tag{23}$$

c'est un vecteur solidaire des deux corps.

Il est clair que des trois quantités bilinéaires (AB), $[AB]$, $\{AB\}$, lesquelles possèdent d'ailleurs chacune une partie réelle et une autre imaginaire ([1]), la première est symétrique et les deux dernières sont alternées par rapport aux corps en question. Nous avons à trouver la signification de ces formations invariantes.

Il suffit de partir de l'interprétation géométrique donnée plus haut pour A, et de choisir ce corps lui-même pour système de référence ; ce choix réduit les deux combinaisons ci-dessus aux valeurs $\bar{B}$ et B, ou bien

$$\bar{B} = \cos u - L \sin u \quad , \qquad B = \cos u + L \sin u \quad ,$$

formules dans lesquelles u a la signification d'une amplitude, L celle d'un axe géométrique. Les propriétés d'invariance vues plus haut donnent alors le résultat cherché.

1° *Si l'on pose*

$$\bar{B}A = \cos u - M \sin u = (AB) + \{AB\} \quad , \tag{24}$$

u *représente l'intervalle des corps A et B ; M représente l'axe du*

[1]) Désignées plus bas par $(AB)'$, $(AB)''$, $[AB]'$, … .

mouvement hélicoïdal conduisant A sur B, cet axe étant rapporté au système de référence A.

2° *Si l'on pose*

$$B\bar{A} = \cos u + L \sin u = (AB) + [AB] \quad , \qquad (25)$$

la signification de u *ne change pas; mais, puisque* $[AB]$ *est un vecteur, L représente l'axe du même mouvement hélicoïdal rapporté au système de repère initial* S_0.

Tirons de ces quelques formules une série de conséquences, dans la démonstration desquelles intervient un théorème bien connu de Géométrie non-euclidienne :

Si

$$L = \begin{cases} L_k' \\ L_k'' \end{cases} \qquad \text{et} \qquad M = \begin{cases} M_k' \\ M_k'' \end{cases}$$

représentent deux droites de l'espace, le produit scalaire

$$(LM) = L_1M_1 + L_2M_2 + L_3M_3$$

est égal au cosinus de l'intervalle de ces droites. Il faut entendre par *intervalle* de deux vecteurs, la combinaison $l + mi$, où l désigne l'angle et m la distance de ces vecteurs [1]. Si on désigne de même l'intervalle de deux corps A et B, je poserai $u = a + bi$.

1er Corollaire. On a vu que

$$(AB) = A_0B_0 + A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3 = \cos(a + bi) \quad ; \qquad (26)$$

donc en séparant le réel et l'imaginaire

$$(AB)' = \sum_k (A_k'B_k' - A_k''B_k'') = \cos a \operatorname{ch} b \quad , \qquad (27)$$

$$(AB)'' = \sum_k (A_k'B_k'' + A_k''B_k') = -\sin a \operatorname{sh} b \quad . \qquad (28)$$

Pour le cas euclidien, en traitant b ou i comme un infiniment petit, ces formules deviennent

$$(AB)' = \sum_k A_k'B_k' = \cos a \quad , \qquad (27')$$

[1] Pour la définition précise, voir par exemple mon article de l'*Enseignement Mathématique,* Tome XVI, 1914, p. 225.

$$(AB)'' = \sum_k (A_k' B_k'' + A_k'' B_k') = -\, b \sin a \quad ; \qquad (28')$$

si les corps coïncident, on aura donc, dans la Géométrie ordinaire,

$$(AA)' = \sum_k A_k'^2 = 1 \quad ; \qquad \frac{1}{2}(AA)'' = \sum A_k' A_k'' = 0 \quad .$$

2me *Corollaire.* (Relation trigonométrique). Soit S_0 le système d'axes, A et B deux corps obtenus en déplaçant S_0 de quantités u, v autour de deux droites L et M, dont l'écart $l + mi$ soit dénoté (lm), pendant que celui des corps l'est par (ab).

On a

$$A = \cos u + L \sin u \quad , \qquad B = \cos v + M \sin v \quad ;$$

puis, pour la partie scalaire du produit $A\bar{B}$,

$$(AB) = \cos u \cos v + (LM) \sin u \sin v \quad .$$

Ainsi

$$\cos (ab) = \cos u \cos v + \sin u \sin v \cos (lm) \quad ;$$

cette formule est relative au cas de Lobatchewsky ; pour l'appliquer à l'espace ordinaire, il faudra simplement développer les cosinus et sinus des quantités complexes u, v, (lm), et négliger partout le carré de l'imaginaire i.

3me *Corollaire.* Si, dans le calcul précédent, nous supposons en particulier que les déplacements u et v vaillent tous les deux 90°, nous obtenons la conséquence que voici, laquelle est très facile à verifier directement par la Géométrie synthétique.

Lorsqu'un corps solide tourne de 180° successivement autour de deux droites quelconques, sans glissement, l'intervalle qui sépare les positions finales est égal à l'intervalle des axes de rotation.

Pour ne pas se méprendre sur le sens de cette proposition importante, il convient de rappeler ici que l'intervalle de deux droites est défini par leur angle et leur distance, tandis que l'intervalle de deux corps emploie la moitié seulement des déplacements rotatoire et translatoire dont se compose le mouvement hélicoïdal amenant un des corps sur l'autre.

IV. Relations entre les corps et les droites

§ 10. Le théorème qui termine le paragraphe précédent pose, entre les droites et les corps, une analogie étroite sur laquelle il vaut la peine de s'arrêter un peu longuement.

Il est clair que cette analogie a sa source dans le fait que voici. Le système d'axes étant fixé, tout corps A, dont le signe est donné, possède un quaternion

$$\begin{Bmatrix} A_k' \\ A_k'' \end{Bmatrix} \qquad (k = 0, 1, 2, 3) \quad ;$$

de même toute droite, dont le sens est donné, engendre un bivecteur correspondant

$$\begin{Bmatrix} L_k' \\ L_k'' \end{Bmatrix} \qquad (k = 1, 2, 3) \quad .$$

Mais le bivecteur n'est qu'un cas particuler du quaternion ; ainsi le bivecteur peut être considéré à volonté comme le représentant d'un corps ou d'une droite. La relation qui existe entre les deux objets qui dépendent du même bivecteur se déduit de l'équation (20) : on y lit que le corps $\begin{Bmatrix} L_k' \\ L_k'' \end{Bmatrix}$ s'obtient en faisant tourner le système d'axes S_0 de 180°, autour de la droite du même nom. Cela revient encore à dire que le système d'axes et le corps sont symétriques l'un de l'autre par rapport à la droite.

Visiblement, la dite relation dépend du système d'axes et ne reste pas inaltérée quand ce dernier change : par un choix convenable de ce système tout corps pourra être réduit à un vecteur, c'est-à-dire à une droite. Il y a là un procédé de réduction souvent employé ci-après ; et, par exemple, le théorème rappelé au milieu de la page (459) nous apprend que si deux bivecteurs L et M, représentent deux corps ou deux droites, l'intervalle qui sépare les corps ou les droites est le même.

Poursuivons le détail de ces analogies, et essayons de souligner par un langage adéquat le parallélisme des notions.

Soient L, M deux droites quelconques, $l + mi$ leur intervalle,

soient aussi deux corps A, B, et $a-bi$ leur intervalle. On a, comme on sait :

$$(LM) = \cos(l+mi) \quad , \qquad \text{et} \qquad (AB) = \cos(a+bi) \quad ,$$

d'où, en séparant le réel de l'imaginaire

$$(LM)' = \cos l \operatorname{ch} m \quad , \qquad (LM)'' = -\sin l \operatorname{sh} m \quad , \tag{29}$$

$$(AB)' = \cos a \operatorname{ch} b \quad , \qquad (AB)'' = -\sin a \operatorname{sh} b \quad . \tag{29'}$$

Des deux équations invariantes $(LM)' = 0$, $(AB)' = 0$, la première signifie que les droites considérées sont perpendiculaires sans être nécessairement dans le même plan : nous dirons donc que deux corps sont *perpendiculaires* lorsque le mouvement hélicoïdal conduisant l'un sur l'autre se réduit à une simple rotation de 180°. Les symétriques d'un même corps par rapport à deux droites perpendiculaires sont aussi des corps perpendiculaires.

De même $(LM)'' = 0$ signifie que les deux droites sont dans un même plan, ou *se rencontrent*, pour employer le langage de la Géométrie euclidienne. Ainsi donc, si deux corps remplissent la condition correspondante

$$(AB)'' = \sum (A_k'B_k'' + A_k''B_k') = 0 \quad ,$$

ces corps seront dits *concourants*. De même que $(LM)''$ désigne le *moment* des deux droites, de même $(AB)''$ se nommera le *moment* des deux corps ; deux corps de moment nul seront dits en *involution ;* ce terme, synonyme de *concourants*, veut dire que le mouvement hélicoïdal menant l'un des corps sur l'autre s'est réduit soit à une simple rotation, soit encore à une simple translation [1].

Si deux droites vérifient la condition $(LM) = 0$, on a aussi $(LM)' = 0$, $(LM)'' = 0$, et réciproquement. Ce cas n'est que la réunion des précédents, les droites se rencontrent sous un angle droit. Nous dirons donc, de la même manière, que deux corps sont *orthogonaux,* quand on a $(AB) = 0$, ce qui implique $(AB)' = (AB)'' = 0$; d'après (29) cette relation d'ortho-

[1] En Géométrie euclidienne, il n'y a pas lieu de distinguer ; la translation n'est qu'un cas limite de la rotation.

gonalité veut dire que le mouvement menant A sur B consiste dans une simple rotation d'angle égal à 180°, elle signifie encore que deux corps orthogonaux sont symétriques par rapport à une même droite. Il est clair que les symétriques d'un même corps par rapport à deux droites orthogonales sont eux-mêmes orthogonaux (1).

Donnons-nous un corps B; l'ensemble de tous les corps A orthogonaux sur le premier vérifie la condition linéaire $(AB)=0$; celle-ci se décompose dans les équations réelles $(AB)'=0$, $(AB)''=0$, auxquelles il faut joindre encore $(AA)'=1$, $(AA)''=0$. Cela fait quatre équations réelles à satisfaire par les huit inconnues $\left\{ \begin{matrix} A_k' \\ A_k'' \end{matrix} \right\}$.

Ainsi les corps orthogonaux à un corps fixe forment une tétrasérie, chose évidente *a priori* puisqu'on obtient tous les A en tournant B, de 180 degrés, autour des ∞^4 droites de l'espace.

De même, étant donnés deux corps B et C, il existe des corps A, orthogonaux aux deux premiers, et ces corps A forment une bisérie. On voit par là qu'étant donnés deux corps on peut toujours les réduire à deux droites (bivecteurs), en choisissant convenablement le système d'axes coordonnés ; la chose est possible de ∞^2 manières.

Enfin, comme on peut tirer une perpendiculaire commune à deux droites arbitraires, de même, étant donnés trois corps B, C, D, il y aura toujours un corps A, orthogonal sur ces trois là. Cet *orthogonal commun* est en général unique, car sa détermination se ramène à la résolution des équations linéaires à quatre inconnues

$$(AB)=0\ ,\qquad (AC)=0\ ,\qquad (AD)=0\ .$$

On voit de nouveau qu'on peut toujours, ordinairement d'une seule manière, choisir le système de référence de façon que ces corps se réduisent à trois droites; la même réduction n'est plus possible à partir de quatre corps.

(1) Remarquer que les deux termes *perpendiculaire* et *orthogonal* cessent d'être synonymes, le second est plus limitatif que l'autre.

Enfin si les corps B, C, D étaient orthogonaux deux à deux, ces corps et leur orthogonal commun formeraient un système de quatre corps orthogonaux : des systèmes de ce genre sont analogues aux trièdres de la Géométrie ordinaire, ils sont au nombre de $\infty^{6+4+2} = \infty^{12}$.

Terminons par une dernière remarque. Appliquons à deux corps orthogonaux A et B, dont l'écart est ainsi égal à 90°, la formule (25) relatives à deux corps quelconques, elle donne

$$B\bar{A} = -A\bar{B} = L \quad .$$

Cette quantité L représente l'axe rotatoire autour duquel il faut prendre le symétrique d'un des corps pour obtenir l'autre ; la formule ci-dessus donne un procédé pour définir une droite par le moyen de deux corps orthogonaux.

Comme un des corps peut être choisi à volonté, en C par exemple, deux droites quelconques L et M admettent les représentations

$$L = A\bar{C} \quad , \qquad M = C\bar{B} \quad ;$$

on tire de là

$$LM = A\bar{B} \qquad \text{et} \qquad (LM) = (AB) \quad .$$

Nous retrouvons ainsi la proposition même qui termine le paragraphe 9 ; c'est d'elle que dépendent essentiellement les relations que nous venons d'établir entre les corps et les droites.

V. Les corps cotés

Les corps cotés dans l'espace hyperbolique

§ 11. Nous n'avons eu affaire jusqu'à présent qu'aux seuls corps ordinaires, ainsi qu'aux droites ordinaires : comme il a été expliqué dans l'introduction, corps et droites vont désormais recevoir un coefficient numérique, une *cote,* pour devenir des corps et des droites *cotés.* La conception de la droite considérée comme un corps orthogonal au système de repère permet d'ailleurs de s'en tenir au cas des corps.

Rappelons que le mouvement non euclidien est représenté par les formules quaternionniennes

$$'\sigma = A\sigma\underline{\bar{A}} \quad , \qquad 'L = AL\bar{A} \quad , \tag{30}$$

dans lesquelles le biquaternion A, dont dépendent les autres $\bar{A}$ et $\underline{\bar{A}}$, a pour module l'unité, c'est-à-dire vérifie la condition $(A\bar{A}) = 1$.

Or il est clair que si on définit le mouvement du point σ par la première des formules ci-dessus, il importe peu que la condition relative au module de A soit satisfaite ou non. Pour qu'on ait

$$\text{mod}\, '\sigma = \text{mod}\, \sigma$$

ou $$x_0'^2 - x_1'^2 - x_2'^2 - x_3'^2 = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2 \quad .$$

il suffit que le produit $A\underline{\bar{A}}$ soit unimodulaire, ce qui peut avoir lieu sans qu'aucun des facteurs le soit.

On voit ainsi qu'un facteur scalaire peut s'introduire dans le quaternion A; il faut seulement, pour que la transformation linéaire (30) reste réelle, que les expressions A et $\underline{\bar{A}}$ continuent d'être conjuguées en ce sens qu'elles se correspondent en changeant le signe des quatre unités complexes i. De là résulte que le facteur arbitraire, qui va servir de coefficient, doit affecter la forme $e^{\omega i}$, où ω désigne une grandeur réelle : c'est celle-ci qui prendra le nom de *cote* du corps solide.

Posons donc, pour représenter le corps coté

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= e^{\omega i}A \quad , & \underline{\alpha} &= e^{-\omega i}\underline{A} \quad , \\ \bar{\alpha} &= e^{\omega i}\bar{A} \quad , & \underline{\bar{\alpha}} &= e^{-\omega i}\underline{\bar{A}} \quad ; \end{aligned}\right\} \tag{31}$$

tous ces biquaternions dérivent du premier d'entre eux, lequel est le correspondant analytique du corps coté. D'ailleurs, et tel est le sens de notre transformation, la substitution de α à A est sans effet sur la formule (30) du mouvement des points, qui reste comme ci-devant

$$'\sigma = \alpha\sigma\underline{\bar{\alpha}} \quad . \tag{32}$$

Quant à la seconde formule (30), qui donne le mouvement d'une droite, si on continue de l'écrire

$$'L = \alpha L\bar{\alpha} \quad , \tag{33}$$

et que L soit une droite non cotée. $'L$ la représentera toujours après le mouvement qu'elle a subi, mais cotée par le facteur $e^{2\omega i}$. Notre droite, non seulement a bougé en accompagnant le corps dont elle fait partie, mais de plus elle s'est transformée en un torseur en acquérant la cote 2ω.

Le quaternion

$$\alpha = \begin{Bmatrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{Bmatrix}$$

qui représente un corps coté est complètement déterminé quand on adjoint la cote ω aux données qui définissent la position et le signe du corps, à savoir

$$A = \begin{Bmatrix} A_k' \\ A_k'' \end{Bmatrix} .$$

Prenons ces dernières sous la forme (20); nous aurons

$$\alpha = \alpha_0 + i_1\alpha_1 + i_2\alpha_2 + i_3\alpha_3 = e^{\omega i}(\cos u + L \sin u) \quad ;$$

nous tirons de là

$$(\alpha\alpha) = \sum_k \alpha_k^2 = e^{2\omega i} \quad ,$$

c'est-à-dire, en séparant les parties réelle et imaginaire de la formule,

$$\left.\begin{aligned} (\alpha\alpha)' = {} & \alpha_0'^2 + \alpha_1'^2 + \alpha_2'^2 + \alpha_3'^2 \\ & - \alpha_0''^2 - \alpha_1''^2 - \alpha_2''^2 - \alpha_3''^2 = \cos 2\omega \quad , \end{aligned}\right\} \quad (34)$$

$$(\alpha\alpha)'' = 2(\alpha_0'\alpha_0'' + \alpha_1'\alpha_1'' + \alpha_2'\alpha_2'' + \alpha_3'\alpha_3'') = \sin 2\omega \quad . \quad (35)$$

On voit par là que les coordonnées d'un corps coté vérifient la condition

$$(\alpha\alpha)'^2 + (\alpha\alpha)''^2 = 1 \quad , \quad (36)$$

et qu'en outre la cote ω est liée aux coordonnées par la relation

$$\frac{2(\alpha_0'\alpha_0'' + \alpha_1'\alpha_1'' + \alpha_2'\alpha_2'' + \alpha_3'\alpha_3'')}{\alpha_0'^2 + \alpha_1'^2 + \alpha_2'^2 + \alpha_3'^2 - \alpha_0''^2 - \alpha_1''^2 - \alpha_2''^2 - \alpha_3''^2} = \operatorname{tg} 2\omega \text{ [1]} . \quad (37)$$

[1]) Pour un corps ordinaire, la cote est nulle, on a donc

$$\sum \alpha_k'\alpha_k'' = 0 \quad ;$$

c'est la relation (17) ci-dessus.

En outre, si huit quantités $\begin{Bmatrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{Bmatrix}$ vérifiant la relation (36) sont données, elles définissent complètement un corps et une cote : toutefois les formules (34) et (35) ne fournissent la cote ω qu'aux multiples près de la quantité π. D'autre part l'addition de π à l'angle ω peut être compensée en changeant le signe du corps A ; ce genre de compensation, par le moyen duquel le *sens* d'un corps peut être assimilé à une cote, est spécial à la Géométrie hyperbolique, nous n'aurons pas à le rencontrer en Géométrie euclidienne.

Les invariants de deux corps cotés, leur signification géométrique

§ 12. Il est aisé de former ces invariants, en les faisant dériver de ceux des corps non cotés correspondants ; dans ce calcul les cotes ω_α, ω_β,... de divers corps α, β,... sont toujours supposées indépendantes du système de repère auquel ces corps sont rapportés.

On a donc

$$\alpha = e^{\omega_\alpha i} A \quad , \qquad \beta = e^{\omega_\beta i} B \quad ,$$

puis

$$(\alpha\beta) = e^{(\omega_\alpha + \omega_\beta) i}(AB) = e^{(\omega_\alpha + \omega_\beta) i}\left\{\cos a \operatorname{ch} b - i \sin a \operatorname{sh} b\right\}, \quad (38)$$

en désignant toujours par $a + bi$ l'intervalle des deux corps.

Si on décompose l'invariant $(\alpha\beta)$ en ses deux parties réelle et imaginaire, ainsi $(\alpha\beta) = (\alpha\beta)' + i\,(\alpha\beta)''$, il vient

$$\left.\begin{aligned} (\alpha\beta)' = \sum \alpha_k'\beta_k' - \sum \alpha_k''\beta_k'' &= \cos a \operatorname{ch} b \cos(\omega_\alpha + \omega_\beta) \\ &+ \sin a \operatorname{sh} b \sin(\omega_\alpha + \omega_\beta)\ , \end{aligned}\right\} \quad (39)$$

$$\left.\begin{aligned} (\alpha\beta)'' = \sum (\alpha_k'\beta_k'' + \alpha_k''\beta_k') &= \cos a \operatorname{ch} b \sin(\omega_\alpha + \omega_\beta) \\ &- \sin a \operatorname{sh} b \cos(\omega_\alpha + \omega_\beta)\ . \end{aligned}\right\} \quad (40)$$

C'est cette dernière expression, la plus utile des deux parce qu'elle contient toujours les cotes même dans le cas limite de la Géométrie euclidienne, que j'appellerai, en généralisant une expression employée précédemment, le *moment* des corps cotés.

Si on a $(\alpha\beta)' = 0$, les deux corps sont liés par la relation

$$\operatorname{tang} a \operatorname{th} b = -\cot(\omega_\alpha + \omega_\beta) \quad ;$$

si au contraire $(\alpha\beta)'' = 0$, le moment est nul, les corps sont en *involution*, et l'on a

$$\operatorname{tang} a \operatorname{th} b = \operatorname{tang}(\omega_\alpha + \omega_\beta) \quad .$$

Si enfin les deux équations $(\alpha\beta)' = 0$, $(\alpha\beta)'' = 0$ ont lieu en même temps, on en tire $(AB) = 0$. Les corps, dans ce cas, sont orthogonaux, c'est-à-dire qu'on peut obtenir l'un en faisant tourner l'autre de 180° autour d'un axe fixe.

Les droites Cotées (torseurs ou dynames)

§ 13. Comme il a été dit ci-dessus, la notion de *droite cotée,* ou de *torseur,* au lieu d'être présentée d'une manière indépendante, peut être directement rattachée à celle du corps coté ; quelques lignes suffisent pour en faire une étude suffisante.

Prenons deux corps cotés orthogonaux α et β, avec $(\alpha\beta) = 0$. Cette condition, équivalente à cette autre $\alpha\bar{\beta} = -\beta\bar{\alpha}$, montre que le quaternion $\beta\bar{\alpha}$ se transforme, vis-à-vis du changement d'axes, comme le fait un vecteur.

Posons

$$\beta\bar{\alpha} = \lambda = \lambda_1 i_1 + \lambda_2 i_2 + \lambda_3 i_3 = \begin{Bmatrix} \lambda_k' \\ \lambda_k'' \end{Bmatrix} \quad . \tag{41}$$

Nous savons que, L étant l'axe de rotation autour duquel α doit tourner pour venir s'appliquer sur β, on a

$$\alpha = e^{\omega_\alpha i} A \quad , \qquad \beta = e^{\omega_\beta i} B \quad ,$$

puis

$$\beta\bar{\alpha} = e^{(\omega_\alpha + \omega_\beta) i} B\bar{A} = e^{(\omega_\alpha + \omega_\beta i)} (L_1 i_1 + L_2 i_2 + L_3 i_3) \quad . \tag{42}$$

Faisons donc $\omega_\alpha + \omega_\beta = \omega_\lambda$, la comparaison des deux formules précédentes nous donne

$$\lambda = e^{\omega_\lambda i} L \quad ; \tag{43}$$

de là résulte que la droite L est cotée, de la même manière qu'un corps, en multipliant le vecteur correspondant par l'expo-

nentielle $e^{\lambda i}$. Autrement dit encore: *un système de repère étant donné, tout vecteur peut être considéré à volonté, soit comme un corps coté, soit comme une droite cotée.*

En conséquence, si dans les formules (34) à (40), nous substituons des vecteurs λ, μ,.. aux quaternions α, β,.. ces formules admettront une double interprétation; la première, concernant les corps, est connue, la seconde, relative aux droites, se déduit de l'autre en substituant partout l'intervalle des droites à la place de celui des corps. C'est ainsi, par exemple, que la notion du *moment* des droites cotées se confond avec celle du *moment* des corps correspondants.

Je ne crois pas utile d'entrer dans plus de détails quant au passage, toujours facile, du cas des corps à celui des droites.

VI. Résumé des formules dans le cas de la Géométrie euclidienne

Cotation d'un Corps

§ 14. C'est surtout en vue du passage au cas limite de l'espace euclidien, seul important dans les applications, que nous avons exposé, avec tous les développements nécessaires, la théorie des corps cotés et des droites cotées de l'espace de Lobatchewsky; il ne nous reste maintenant qu'à examiner les modifications à apporter aux résultats acquis afin de les adapter au nouvel espace. A cet égard tout se résume dans la règle connue: *dans le passage du premier au second espace le contenu du paragraphe précédent reste intact sous cette réserve qu'en développant les formules suivant les puissances de l'imaginaire* i *il faut y retenir seulement les termes des degrés 0 et 1.*

Pour établir l'exactitude de cette règle un seul point est à démontrer, qui est que, dans le facteur de cotation e^{mi}, la cote doit être traitée comme un infiniment petit du premier ordre, au moment où l'on passe au cas euclidien. Cette condition est en effet nécessaire si on veut que les propriétés du symbole i restent constamment les mêmes, quelle que soit la cote; elle a

en outre pour effet de permettre un groupement arbitraire des facteurs dans la formule du mouvement

$$'\sigma = \alpha\sigma\bar{\alpha} = e^{\omega i}A\sigma e^{-\omega i}\bar{A} \quad .$$

Bornons-nous à démontrer ici la suffisance de la condition susdite, et posons, comme au § 5, $A = p + qi$, puis en appliquant la règle,

$$\alpha = e^{\omega i}A \quad = (1 + \omega i)(p + qi) = p + (\omega p + q)i \quad ,$$
$$\bar{\alpha} = e^{-\omega i}\bar{A} = (1 - \omega i)(\bar{p} - \bar{q}i) = \bar{p} - (\omega\bar{p} + \bar{q})i \quad .$$

En continuant d'appliquer les notations du § 5, nous avons

$$\sigma = 1 + i\xi \quad , \qquad '\sigma = 1 + i\xi' \quad ,$$

où ξ et ξ' représentent le vecteur unissant un point à l'origine des axes, avant et après le mouvement; posons encore, pour abréger, $u = \omega p + q$. La formule du mouvement $'\sigma = \alpha\sigma\bar{\alpha}$ devient, à cause des valeurs ci-dessus,

$$1 + i\xi' = (p + iu)(1 + i\xi)(\bar{p} - i\bar{u}) = 1 + (u\bar{p} - p\bar{u})i + ip\xi\bar{p} \ .$$

Mais $u\bar{p} - p\bar{u} = q\bar{p} - p\bar{q}$; cette quantité se réduit encore à ε, puisque, ε représentant le déplacement de l'origine, nous avons $q = \frac{\varepsilon p}{2}$. De la sorte, la règle par laquelle ω, ou i, doit être assimilé à un infiniment petit reproduit bien la formule du mouvement $'\sigma = \alpha\sigma\bar{\alpha}$, sous la forme

$$\xi' = \varepsilon + p\xi\bar{p} \quad ,$$

donnée au paragraphe 5.

Pour terminer ce chapitre je résumerai, en une sorte de tableau, ou de formulaire, les principaux résultats analytiques concernant, dans la Géométrie euclidienne, les droites et corps cotés. Toutes ces formules dérivent du paragraphe précédent par la règle que je viens de discuter.

Droites ordinaires et droites cotées

§ 15. 1° Soit L une telle droite : si elle n'est pas cotée elle admet pour représentant analytique un bivecteur

$$L = i_1 L_1 + i_2 L_2 + i_3 L_3 \qquad , \text{ avec } \qquad L_k = L_k' + i L_k'' \quad .$$

Ces coordonnées $\left\{ \begin{matrix} L_k' \\ L_k'' \end{matrix} \right\}$, dont les unes sont des cosinus directeurs, et les autres des moments relatifs au système coordonné, satisfont les conditions

$$(LL)' = L_1'^2 + L_2'^2 + L_3'^2 = 1 \quad ,$$
$$\frac{1}{2}(LL)'' = L_1'L_1'' + L_2'L_2'' + L_3'L_3'' = 0 \quad .$$

2° Si la droite est cotée, et que ω en soit la cote, on aura :

$$\lambda = (1 + \omega i) L = i_1\lambda_1 + i_2\lambda_2 + i_3\lambda_3 \quad ,$$

et

$$\lambda_k = L_k' + i(\omega L_k' + L_k'') \quad ,$$
$$\lambda_k' = L_k' \quad , \qquad \lambda_k'' = L_k'' + \omega L_k' \quad .$$

Les quantités réelles $\left\{ \begin{matrix} \lambda_k' \\ \lambda_k'' \end{matrix} \right\}$ déterminent une droite cotée, pourvu que ces coordonnées vérifient la condition

$$(\lambda\lambda)' = \lambda_1'^2 + \lambda_2'^2 + \lambda_3'^2 = 1 \quad .$$

Quant à la cote elle dépend des coordonnées par l'équation

$$\frac{1}{2}(\lambda\lambda)'' = \lambda_1'\lambda_1'' + \lambda_2'\lambda_2'' + \lambda_3'\lambda_3'' = \omega \quad .$$

3° Soit $a + bi$ l'écart de deux droites cotées λ, μ, de cotes respectives ω_λ et ω_μ ; on a les deux invariants

$$(\lambda\mu)' = \lambda_1'\mu_1' + \lambda_2'\mu_2' + \lambda_3'\mu_3' = \cos a \quad ,$$
$$(\lambda\mu)'' = \sum(\lambda_k'\mu_k'' + \lambda_k''\mu_k') \qquad = (\omega_\lambda + \omega_\mu)\cos a - b \sin a \quad .$$

Ces formules, dont la deuxième représente le moment réci-

proque des deux droites, subsistent naturellement pour des droites ordinaires à cote nulle; elles s'écrivent alors

$$(LM)' = \cos a \quad , \qquad (LM)'' = - b \sin a \quad ,$$
$$(LM) = \cos (a + bi) \quad .$$

De là, si on veut, une nouvelle interprétation des coordonnées $\left\{ \begin{matrix} L_k' \\ L_k'' \end{matrix} \right\}$ d'une droite L. Si on remarque que les vecteurs représentatifs des axes coordonnés sont $M = i_1$, ou $M = i_2$, ou $M = i_3$, et si on substitue une de ces trois valeurs dans les formules ci-dessus, on obtient

$$L_1 = \cos (a_1 + b_1 i) \quad , \qquad L_2 = \cos (a_2 + b_2 i) \quad ,$$
$$L_3 = \cos (a_3 + b_3 i) \quad ,$$

en représentant par $a_k + b_k i$ l'écart de la droite L relativement à l'axe coordonné affecté du numéro k.

Corps ordinaires et corps cotés

§ 16. 1° Nous savons qu'un corps

$$A = \left\{ \begin{matrix} A_k' \\ A_k'' \end{matrix} \right\} \quad ,$$

doué d'un *signe* ou d'un *sens*, est caractérisé par le biquaternion

$$A = A_0 + i_1 A_1 + i_2 A_2 + i_3 A_3 \qquad , \text{avec} \qquad A_k = A_k' + i A_k'' \quad ,$$

Les coordonnées satisfont les relations

$$(AA)' = A_0'^2 + A_1'^2 + A_2'^2 + A_3'^2 = 1 \quad .$$
$$\frac{1}{2} (AA)'' = A_0' A_0'' + A_1' A_1'' + A_2' A_2'' + A_3' A_3'' = 0 \quad .$$

2° Si le corps est coté, nous avons $\alpha = (1 + \omega i) A$. Les coordonnées du corps coté sont ici $\left\{ \begin{matrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{matrix} \right\}$, et l'on a

$$\alpha_k' = A_k' \quad , \qquad \alpha_k'' = A_k'' + \omega A_k' \quad ,$$

et en outre

$$(\alpha\alpha)' = \alpha_0'^2 + \alpha_1'^2 + \alpha_2'^2 + \alpha_3'^2 = 1 \quad ,$$
$$\frac{1}{2}(\alpha\alpha)'' = \alpha_0'\alpha_0'' + \alpha_1'\alpha_1'' + \alpha_2'\alpha_2'' + \alpha_3'\alpha_3'' = \omega \quad .$$

De là résulte que huit quantités $\left\{ \begin{matrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{matrix} \right\}$ telles que $(\alpha\alpha)' = 1$, déterminent complètement un corps au point de vue de sa situation géométrique aussi bien que dans sa cote et dans son sens. Il y a ici un peu plus de précision que dans le cas de la Géométrie hyperbolique.

3° Figurons-nous le corps coté comme occupant la position finale du système de référence quand on imprime un mouvement à ce dernier. Nommons e_0, e_1, e_2, e_3 les paramètres de Rodrigues correspondant au changement d'orientation du corps; nommons a_1, a_2, a_3 les coordonnées de la nouvelle origine. Alors, sauf un signe commun qui reste indécis comme dépendant du sens du corps, les coordonnées $\left\{ \begin{matrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{matrix} \right\}$ du corps coté ont pour valeurs

$$\alpha_0' = e_0 \quad , \qquad \alpha_0'' = e_0\omega - \frac{1}{2}(e_1a_1 + e_2a_2 + e_3a_3) \quad ,$$
$$\alpha_1' = e_1 \quad , \qquad \alpha_1'' = e_1\omega + \frac{1}{2}(e_0a_1 + e_3a_2 - e_2a_3) \quad ,$$
$$\alpha_2' = e_2 \quad , \qquad \alpha_2'' = e_2\omega + \frac{1}{2}(e_0a_2 + e_1a_3 - e_2a_3) \quad ,$$
$$\alpha_3' = e_3 \quad , \qquad \alpha_3'' = e_3\omega + \frac{1}{2}(e_0a_3 + e_2a_1 - e_1a_2) \quad .$$

Le cas du paragraphe 5, relatif au corps ordinaire, est compris dans le précédent; on le retrouve en faisant $\omega = 0$ dans les formules ci-dessus.

Nous trouverons un peu plus bas une autre interprétation de ces mêmes coordonnées $\left\{ \begin{matrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{matrix} \right\}$.

4° Soient $a + bi$ l'intervalle de deux corps cotés α et β, de cotes ω_α et ω_β. L'invariant complexe

$$(\alpha\beta) = \sum \alpha_k\beta_k$$

se décompose en ses deux parties réelle et imaginaire, comme suit :

$$(\alpha\beta)' = \sum \alpha_k'\beta_k' = \cos a \quad ,$$

$$(\alpha\beta)'' = \sum (\alpha_k'\beta_k'' + \alpha_k''\beta_k') = (\omega_\alpha + \omega_\beta) \cos a - b \sin a \; .$$

Cette dernière quantité, qui est le *moment* des corps cotés, est nulle pour des corps en *involution*[1] ; pour de semblables corps on a $b \operatorname{tg} a = \omega_\alpha + \omega_\beta$.

Rappelons ici que quand il s'agit de corps ordinaires, le moment se réduit à $(AB)'' = - b \sin a$. Si ce moment est nul, les corps se rencontrent, c'est-à-dire que le mouvement de l'un vers l'autre se réduit à une pure rotation.

5° Le mouvement qui entraîne le système d'axes S_0 sur le corps A, peut être défini comme un mouvement hélicoïdal ; nommons $u = a - bi$ l'amplitude de ce dernier, désignons encore par

$$L = \begin{Bmatrix} L_k' \\ L_k'' \end{Bmatrix}$$

le vecteur autour duquel il s'exécute. Les coordonnées du corps

$$A = \begin{Bmatrix} A_k' \\ A_k'' \end{Bmatrix}$$

résultent encore de la décomposition de la formule

$$A = \cos u + L \sin u \quad .$$

en ses diverses parties.

En opérant les calculs, il vient

$$\begin{aligned}
A_0' &= \cos a \quad , & A_0'' &= - b \sin a \quad , \\
A_1' &= \sin a L_1' \quad , & A_1'' &= \sin a L_1'' + b \cos a L_1' \quad , \\
A_2' &= \sin a L_2' \quad , & A_2'' &= \sin a L_2'' + b \cos a L_2' \quad , \\
A_3' &= \sin a L_3' \quad , & A_3'' &= \sin a L_3'' + b \cos a L_3' \quad .
\end{aligned}$$

[1] C'est ceux que M. de Saussure appelle *complémentaires*. On remarquera que je ne cote pas les corps et les droites exactement comme le fait M. de Saussure, cela entraîne sur quelques points des divergences de notations sans portée réelle.

Si on cote le corps conformément à la formule $\alpha = (1 + \omega i) A$, le même tableau pour les coordonnées $\begin{Bmatrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{Bmatrix}$ se présentera sous la forme

$$\begin{array}{ll} \alpha_0' = \cos a \quad , & \alpha_0'' = \omega \cos a - b \sin a \quad , \\ \alpha_1' = \sin a L_1' \quad , & \alpha_1'' = (\omega \sin a + b \cos a) L_1' + \sin a L_1'' \quad , \\ \alpha_2' = \sin a L_2' \quad , & \alpha_2'' = (\omega \sin a + b \cos a) L_2' + \sin a L_2'' \quad , \\ \alpha_3' = \sin a L_3' \quad , & \alpha_3'' = (\omega \sin a + b \cos a) L_3' + \sin a L_3'' \quad . \end{array}$$

VII. Les polyséries de Droites et de Corps cotés

§ 17. Nous avons, dans les paragraphes précédents, achevé les éléments de la théorie analytique des droites et des solides cotés ; il nous reste à montrer maintenant avec quelle facilité les notions acquises permettent d'aborder la théorie des *polyséries linéaires*, théorie que M. de Saussure a discutée au point de vue géométrique [1].

Cet auteur a fait voir que de même que la conception de la droite cotée s'impose dans l'étude complète des complexes linéaires, ou plus généralement dans celle des séries de droites à un nombre quelconque de dimensions, de même la notion de corps coté contient la clef des propriétés manifestées par les polyséries linéaires de corps ordinaires. Ici encore les deux théories présentent la plus intime ressemblance ; un seul point les différencie, c'est l'ordre des espaces auxquels appartiennent respectivement les droites ou les corps.

Tandis que le premier de ces espaces, étant le lieu des droites cotées

$$\lambda = \begin{Bmatrix} \lambda_k' \\ \lambda_k'' \end{Bmatrix} ,$$

est de la cinquième dimension, l'autre espace, celui des corps cotés

$$\alpha = \begin{Bmatrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{Bmatrix} ,$$

[1] Bien entendu, et conformément au plan de ce mémoire, je n'aborderai ici que les principes généraux de la théorie des polyséries.

est de la septième dimension. Nous savons que si on exécute un changement d'axes coordonnés, les variables $\begin{Bmatrix} \lambda_k' \\ \lambda_k'' \end{Bmatrix}$ ou $\begin{Bmatrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{Bmatrix}$, subissent chacunes une transformation linéaire, laquelle ne s'accompagne d'aucun changement dans les cotes correspondantes.

Les formules de la transformation des axes, à savoir

$$'\lambda = \bar{p}\lambda p \qquad , \text{ et } \qquad ' = \bar{p}x \quad ,$$

dépendent de six paramètres arbitraires, le biquaternion p unimodulaire, caractéristique de la transformation, contenant justement ce nombre de constantes. Les formules précédentes, où les différences entre les trois Géométries s'atténuent jusqu'à se réduire à d'insignifiants détails, sont telles que les modules de λ et de α restent séparément invariants.

Or le groupe G des transformations qui dans l'espace R_5 laissent le module invariant est d'ordre $\frac{5 \cdot 6}{2} = 15$; les *déplacements,* qui correspondent dans R_5 au changement des axes dans R_3, forment seulement un sous-groupe, d'ordre 6, du groupe G. Pour les mêmes raisons les *déplacements* dans R_3 sont isomorphes avec un sous-groupe du groupe H, d'ordre $\frac{7 \cdot 8}{2} = 28$, qui représente l'ensemble des mouvements de l'espace R_7.

Autrement dit, quand on étudie les variétés linéaires de R_5, ou R_7, c'est-à-dire quand on fait la théorie des polyséries de droites cotées ou de corps cotés, les dits espaces ne subissent jamais qu'une partie des mouvements dont ils sont susceptibles *a priori;* mais cette limitation de la mobilité, on le comprend du reste, ne modifie en rien les propriétés essentielles de ces polyséries [1]. Ces propriétés sont en substance celles des plans et des droites d'espaces euclidiens à un nombre quelconque de dimensions.

[1]) M. de Saussure nomme *polyfaisceau* une série formée de droites cotées, et *polycouronne* une série formée de corps cotés. Cette distinction peut être utile à la clarté du discours; cependant elle n'est pas indispensable, même à ce point de vue, et j'emploierai le plus souvent le terme général.

Un élément coté, droite ou corps, engendre une n-série quand le point de l'espace correspondant décrit une variété linéaire d'ordre n. L'indice n possède, selon le cas, pour maximum, les valeurs 5 ou 7; si n est égal à ce maximum la variété correspondante embrasse l'espace dans son entier.

Au-dessous du maximum les polyséries les plus générales correspondent aux valeurs $n = 4$, ou $n = 6$, suivant qu'on a affaire à des droites ou à des corps. Ces cas sont ceux du *tétrafaisceau,* ou de l'*hexacouronne,* dont les équations peuvent s'écrire

$$a_1'\lambda_1'' + a_1''\lambda_1' + a_2'\lambda_2'' + a_2''\lambda_2' + a_3'\lambda_3'' + a_3''\lambda'_3 = 0 \ , \quad (44)$$

ou

$$\left.\begin{array}{l} a_0'\alpha_0'' + a_0''\alpha_0' + a_1'\alpha_1'' + a_1''\alpha_1' + a_2'\alpha_2'' + a_2''\alpha_2' \\ \qquad + a_3'\alpha_3'' + a_3''\alpha_3' = 0 \ . \end{array}\right\} \quad (45)$$

Les équations précédentes admettent une interprétation géométrique immédiate ; il suffit, pour obtenir cette interprétation, de supposer que $\left\{\begin{array}{l} a_k' \\ a_k'' \end{array}\right\}$ représentent, selon le cas, une droite cotée ou un corps coté. En désignant par $\mathfrak{a}$ cet élément fixe, droite ou corps, par $a + bi$ son écart par rapport à l'élément mobile λ, ou α, par ω affecté d'un indice les cotes correspondantes, les équations (44) et (45), du tétrafaisceau ou de l'hexacouronne, se lisent $(\mathfrak{a}\lambda)'' = 0$, ou $(\mathfrak{a}\alpha)'' = 0$; c'est dire que, dans les deux cas,

$$b \operatorname{tg} a = \omega_\alpha + \omega_\lambda \ . \quad (46)$$

Prenons, par exemple, l'hexasérie S_6 de corps solides. Si on cherche, dans cette hexacouronne, le lieu des corps ordinaires A qui y sont contenus, les dits corps répondent aux conditions analytiques

$$a_0'A_0'' + a_0''A_0' + \ldots + a_3''A_3' = 0 \ , \quad \text{et} \quad \sum A_k'A_k'' = 0 \ ;$$

géométriquement les deux formules précédentes reviennent à

$$b \operatorname{tg} a = \omega \ ,$$

équation dans laquelle ω joue le rôle de la cote de l'élément fixe. Cette propriété permet de construire synthétiquement tous les corps cherchés.

Il est clair que la pentasérie S_5 de corps non cotés obtenue de la sorte est l'analogue exact du *complexe linéaire de droites* dans la Géométrie réglée. Et, de même que le complexe est *spécial* lorsque la cote de l'élément fixe, soit

$$\omega = \sum_k a_k' a_k'' \quad , \qquad k = 1, 2, 3$$

se réduit à zéro, de même que dans ce cas le complexe se compose de toutes les droites qui rencontrent son axe, de même, si la cote de la pentasérie

$$\omega = \sum_k a_k' a_k'' \quad . \qquad k = 0, 1, 2, 3$$

se réduit à zéro, la pentasérie comprendra tous les corps concourants avec le corps central α (1).

Construction des n*-séries de corps*

§ 18. Revenons aux polyséries d'éléments cotés, droites ou corps. Il est clair que ces séries peuvent toujours, quelle que soit leur dimension, être regardées comme résultant de l'intersection d'un certain nombre de tétrafaisceaux ou d'hexacouronnes.

Dans le premier cas, la n-série de droites cotées ($n < 5$), est l'ensemble des droites communes à $(5 - n)$ tétraséries linéaires: de même, dans le second cas, pour engendrer une n-série de corps cotés ($n < 7$), il faut faire rencontrer $7 - n$ hexaséries linéaires.

Si la n-série est formée de droites, parmi les quantités $\left\{ \begin{matrix} \lambda_k' \\ \lambda_k'' \end{matrix} \right\}$, $5 - n$ sont déterminées en fonction linéaire des $6 - (5 - n) = n + 1$ autres lettres; les n-séries de droites cotées sont donc au nombre de $\infty^{(n+1)(5-n)}$. Le nombre correspondant monte à $\infty^{(n+1)(7-n)}$ dans le cas des n-séries de corps cotés.

1) J'appellerai aussi *noyau* ce corps central.

Etant donnée une n-série de corps cotés, on peut toujours lui faire correspondre une infinité d'autres n-séries linéaires : voici le principe général de cette correspondance.

Soit une n*-série de corps* α *définie analytiquement; soit* S_0 *le corps qui sert de système fixe de repère. Il existe* ∞^n *mouvements amenant successivement* S_0 *sur chacun des corps* α*; qu'on soumette alors un nouveau corps quelconque* S_0' *à tous les* ∞^n *mouvements susmentionnés, les positions finales* β *forment une nouvelle* n*-série linéaire* [1].

Cet énoncé est presque évident; en effet si q représente le quaternion équivalent au mouvement S_0S_0', nous avons

$$\beta = \alpha q \qquad \text{et} \qquad \alpha = \beta\bar{q} \ ,$$

égalités qui montrent que les coordonnées $\begin{Bmatrix} \alpha_k' \\ \alpha_k'' \end{Bmatrix}$ et $\begin{Bmatrix} \beta_k' \\ \beta_k'' \end{Bmatrix}$ des deux corps cotés sont des fonctions linéaires les unes des autres. Autant les premières vérifieront d'équations linéaires, autant en vérifieront les secondes; c'est justement ce qui était à démontrer.

Il y a deux moyens de tirer parti du théorème ci-dessus pour la construction géométrique effective des n-séries de corps cotés; l'un d'eux consiste à choisir, si possible, le système S_0' de manière que le solide A qui décrit la n-série soit assimilable à une droite, ce qui réduit la n-série de corps à une n-série correspondante de droites. Le second procédé consiste au contraire à choisir S_0', si possible, dans une situation telle que les corps fixes, qui fonctionnent comme centres des hexaséries constituant la n-série donnée, se réduisent à des droites. Le premier moyen réussit pour $n = 1, 2$, le second pour $n = 4, 5$; ils échouent tous les deux pour $n = 3$, supposition qui correspond au cas de la tricouronne.

1° Remarquons que l'équation (44) des tétraséries de droites cotées, peut être considérée comme un cas particulier de l'équa-

[1] Il est bien entendu que, comme toujours, α et β possèdent la même cote.

tion (45), laquelle représente l'hexasérie de corps. Nous savons en effet qu'une droite λ est l'équivalent d'un corps α obtenu en faisant tourner le système S_0 d'un angle égal à 180°. *Si donc on prend les symétriques d'un corps fixe par rapport aux diverses génératrices d'une* n-*série de droites cotées, les positions finales* α, *cotées comme le sont les droites mêmes de la* n-*série, forment une* n-*série de corps* (1).

Or la construction des n-séries de droites cotées est bien connue depuis les recherches de R. Ball; par exemple, dans le cas $n = 1$, les droites de la monosérie sont les arêtes d'un cylindroïde cotées suivant une règle simple, et il y a des lois analogues visant les cas plus complexes $n = 2, 3\ldots$ Prenons les symétriques d'un corps A par rapport aux diverses génératrices de ces polyfaisceaux.

Dans le cas $n = 1$, il y a ∞^8 monofaisceaux, ∞^6 corps A; le dit procédé nous donne au total ∞^{14} monocouronnes. Mais les monocouronnes de l'espace sont au nombre de ∞^{12} seulement : la méthode employée réussit donc, la même monocouronne sera reproduite de la sorte à ∞^2 exemplaires.

Il existe de même ∞^9 bifaisceaux de droites engendrant ∞^{15} bicouronnes, chiffre égal au nombre exact des bicouronnes de l'espace. Dans le cas $n = 2$, le procédé réussit encore, et l'on doit présumer que la bisérie de corps solides peut être engendrée, d'une seule manière, en partant de la bisérie de droites cotées.

Au contraire, à partir de $n = 3$, le nombre de n-séries de corps produites par symétrie relativement aux arêtes d'une n-série de droites est inférieur au nombre total de toutes les n-séries possibles. Elles ne forment donc dans l'ensemble qu'un cas particulier.

Que la construction donnée à l'instant pour la mono- et pour la bicouronne ait le degré de généralité voulu, c'est ce qui résulte du court raisonnement suivant : le point de départ de ce

1) La règle de cotation indiquée ici diffère un peu de celle employée par M. de Saussure; cette différence n'a aucune importance dans le développement de la théorie.

raisonnement est le fait presque évident, qu'une monosérie de corps cotés est déterminée par deux de ses éléments, et qu'une bisérie l'est de même par trois de ses éléments choisis à volonté.

Soient β et γ deux corps cotés, ou β, γ, δ trois corps cotés engendrant, tantôt une monosérie, tantôt une bisérie de corps. Pour que ces n-séries puissent être regardées à volonté comme formées de droites ou de corps, il n'y a qu'à changer le système d'axes, en prenant à la place du primitif un nouveau système A, tel que les quantités

$$\bar{A}\beta, \ \bar{A}\gamma \qquad , \text{ ou } \qquad \bar{A}\beta, \ \bar{A}\gamma, \ \bar{A}\delta \ ,$$

soient autant de vecteurs. Les équations qui expriment ce fait, c'est-à-dire

$$(A\beta) = 0, \ (A\gamma) = 0 \qquad , \text{ ou } \qquad (A\beta) = (A\gamma) = (A\delta) = 0 \ ,$$

montrent que le nouveau système de repère doit être orthogonal aux deux, ou aux trois corps, définissant la n-série. Il résulte de là que les deux problèmes sont résolubles, le second d'une seule manière, le premier de ∞^2 manières différentes.

2° Passons au second procédé de construction des n-séries de corps, et partons d'une $(n-2)$-série de droites cotées définie par les $m = 5 - (n-2) = 7 - n$ relations

$$(\mathfrak{a}\lambda)'' = 0 \ , \qquad (\mathfrak{b}\lambda)'' = 0 \ , \ \ldots \qquad (\mathfrak{d}\lambda)'' = 0 \ ,$$

dans lesquelles les $\mathfrak{a}, \mathfrak{b}, \ldots \mathfrak{d}$ représentent des vecteurs ; soit $\lambda = e^{\varpi\lambda i} L$ [1] une des droites appartenant à la $(n-2)$-série considérée. Pour déduire un corps de cette droite, prenons une quantité complexe quelconque $u = a + bi$, et faisons

$$\alpha = e^{\varpi\alpha i} (\cos u + L \sin u) \ .$$

Or $\mathfrak{a}, \mathfrak{b}, \ldots$ sont des vecteurs, donc, quel que soit u, on a

$$(\mathfrak{a} e^{\varpi\alpha i} \cos u)'' = (\mathfrak{b} e^{\varpi\alpha i} \cos u)'' = \ \ldots \ = 0 \ .$$

[1] Je prends ici, comme plus simples, les formules de la Géométrie hyperbolique; il n'y a naturellement rien d'essentiel dans cette supposition.

Ainsi, pour que le corps α vérifie les équations de la n-série, il faut qu'en désignant par ρ et φ le module et l'argument de sin u, c'est-à-dire, en posant $\sin u = \rho e^{\varphi i}$, on ait entre l'argument et les cotes ω_α, ω_λ la relation

$$\omega_\alpha + \varphi = \omega_\lambda \ ;$$

c'est cette règle qui servira à coter le système mobile après qu'il aura subi le mouvement hélicoïdal u autour de la droite λ.

En résumé, *si, autour de toutes les droites d'une* $(n-2)$-*série de droites cotées, on communique un mouvement hélicoïdal quelconque à un corps A, il suffit de coter convenablement les positions finales pour qu'elles forment une* n-*série linéaire de corps cotés.*

Si, réciproquement, une n-série de corps cotés est déterminée par l'intersection de $m = 7 - n$ hexaséries, et que m soit au plus égal à 3, on peut toujours choisir un système de repère tel que, relativement à ce système, les m noyaux se réduisent à des vecteurs; il suffit de prendre pour système coordonné un corps orthogonal à tous ces noyaux.

On voit par là que la construction précédente permet de passer, 1° de la tétrasérie de droites à l'hexasérie de corps cotés, cela d'une quadruple infinité de manières puisqu'il y a ∞^4 corps orthogonaux à un noyau donné; 2° de la trisérie de droites à la pentasérie de corps cotés, cela d'une double infinité de manières, puisqu'il y a ∞^2 corps orthogonaux à deux noyaux donnés; enfin, de la bisérie de droites à la tétrasérie de corps cotés, et d'une manière seulement, puisqu'il y a qu'un orthogonal commun à trois noyaux donnés.

Au delà, en partant de la monosérie de droites, ou d'une droite unique, la règle ne fournit plus que des triséries et biséries *particulières* de corps.

On remarquera qu'en combinant les deux procédés de construction toutes les n-séries formées de corps peuvent être déduites de certaines m-séries correspondantes de droites. Seule la trisérie fait exception, elle constitue à cet égard un cas singulier, sur lequel j'aurai peut-être à revenir dans une autre occasion.

Représentation des n*-séries en fonction de* (n + 1) *de leurs éléments*

§ 19. De même qu'une droite de l'espace R_3 admet une représentation paramétrique souvent plus commode que la représentation à l'aide d'équations linéaires, de même, dans R_5 ou R_7, une n-série de droites, ou de corps cotés, peut être définie analytiquement au moyen de $(n+1)$ de ses éléments. Plaçons-nous, par exemple, dans le cas des corps.

Désignons par ${}^1\alpha, {}^2\alpha, \ldots {}^{n+1}\alpha$, $n+1$ quaternions correspondant à autant de corps cotés choisis à volonté comme *base* de la n-série; prenons $(n+1)$ variables *réelles* $u_1 \ldots u_{n+1}$, et écrivons

$$\alpha = {}^1\alpha u_1 + {}^2\alpha u_2 + \ldots {}^{n+1}\alpha u_{n+1} \quad ; \tag{47}$$

il est clair qu'en faisant varier arbitrairement les paramètres u, dans la formule (47), le corps α engendrera une n-série. En effet, la condition

$$(\alpha\alpha)'^2 + (\alpha\alpha)''^2 = 1$$

devant être vérifiée, la $(n+1)^{\text{ième}}$ variable u dépend par là des n premières qui, en fait, restent seules arbitraires.

La n-série (47) contient les $(n+1)$ corps cotés ${}^k\alpha$, elle ne dépend pas géométriquement du système de référence, enfin elle est linéaire comme vérifiant $7 - n = m + 1$ équations linéaires [1]. Ecrivons ces dernières sous la forme

$$({}^1\beta\alpha)'' = 0 \ , \qquad ({}^2\beta\alpha)'' = 0 \ , \ \ldots \qquad ({}^{m+1}\beta\alpha)'' = 0 \ . \tag{48}$$

Si on pose, à l'instar de (47), avec $m+1$ variables réelles v,

$$\beta = {}^1\beta v_1 + {}^2\beta v_2 + \ldots {}^{m+1}\beta v_{m+1} \quad ,$$

la nouvelle m-série de corps β ainsi formée est *complémentaire,* ou *involutive* de l'autre, en ce sens que tout corps pris dans

[1] Je raisonne ici en général. Est naturellement réservé le cas où les ${}^k\alpha$ ne seraient pas linéairement indépendants.

l'une des séries est en involution avec tout corps pris dans l'autre, le moment réciproque de ces corps $(\alpha\beta)''$ étant nul.

Il est clair que, dans la formule (47), les corps ${}^k\alpha$ servent de *base* et que les paramètres u fonctionnent comme des *coordonnées* représentant les corps de la n-série relativement à cette base. La signification géométrique de ces coordonnées est facile à déterminer, même dans le cas général ; toutefois, pour être plus bref, je supposerai que les éléments de base ont été choisis en involution les uns avec les autres.

La précédente condition est toujours réalisable. En effet, les ${}^k\alpha$ sont au nombre de $n+1$ et font partie d'une n-série donnée ; chacun doit ainsi satisfaire $7-n$ équations linéaires, ou $(n+1)(7-n)$ en tout. Il faut y joindre les

$$(n+1)+(n+1)\frac{n}{2}=(n+1)\left(1+\frac{n}{2}\right)$$

conditions qui expriment l'involution, c'est-à-dire

$${}^h\alpha{}^h\alpha=1 \quad ({}^h\alpha{}^k\alpha)''=0 \qquad \left.\begin{array}{r} h \\ \neq k \end{array}\right\} = 1,\,2,\,\ldots\, n+1\,.$$

Cela fait au total $(n+1)\left(8-\frac{n}{2}\right)$ équations à vérifier contre un nombre d'inconnues $\left\{\begin{array}{c} {}^k\alpha' \\ {}^k\alpha'' \end{array}\right\}$ égal à $8(n+1)$. L'excès du second nombre sur le premier mesure le degré d'indétermination du problème ; cet excès vaut $\frac{n(n+1)}{2}$, c'est donc toujours d'une infinité de manières qu'on peut choisir les éléments de base de sorte qu'ils soient en involution deux à deux.

Cela posé, multiplions scalairement (47) par la quantité ${}^h\alpha$, et calculons le moment $({}^h\alpha\alpha)''$; comme $({}^h\alpha{}^k\alpha)''=0$, si $h\neq k$, on a

$$({}^h\alpha\alpha)''=u_h({}^h\alpha{}^h\alpha)''\,.$$

Mais, en Géométrie euclidienne, $({}^h\alpha{}^h\alpha)''$ exprime le double de la cote $2\omega_h$ du corps ${}^h\alpha$; sauf ce facteur, la coordonnée u_h est donc égale au moment du corps α, lequel appartient à la n-série donnée, relativement à l'élément de base ${}^h\alpha$.

Si cette n-série était du septième ordre, ce qui est le cas du

maximum, un corps quelconque de l'espace en ferait partie ; et la règle nous donne alors un moyen nouveau pour représenter un corps coté quelconque à l'aide de huit coordonnées. La cote de ce corps, exprimée par ces coordonnées, vaudra

$$\omega = \frac{1}{2} (\alpha\alpha)'' = \sum_k u_k^2 \omega_k \quad .$$

Toute cette théorie contient naturellement celle des droites cotées, qui lui est identique, sauf quelques détails relatifs au maximum de l'ordre n ; par exemple, les coordonnées dont nous venons de parler sont les analogues des coordonnées employées par M. F. Klein dans la théorie des droites cotées, lesquelles généralisent elles-mêmes les coordonnées barycentriques de la Géométrie ordinaire.

(A suivre.)

LA LOI DE CHUTE

D'UNE

SPHÉRULE D'HUILE DANS L'AIR

ET LA

CHARGE DE L'ÉLECTRON

PAR

A. SCHIDLOF et **Mlle J. MURZYNOWSKA**

(Suite et fin [1]*)*

IV. Vérification de la loi des multiples entiers

Nous avons dit au chapitre II qu'une très forte présomption en faveur de l'existence de l'électron résulte de la vérification de la loi des multiples entiers. La précision avec laquelle se vérifie cette loi dans nos mesures ressort de la dernière colonne des protocoles joints à ce mémoire ; on constate en effet que les valeurs de la charge élémentaire apparente ($10^{10}\,e'$) calculées pour une même goutte sont toujours très concordantes.

Nous voulons cependant montrer comment on peut faire cette vérification sans avoir recours aux déterminations absolues et comment nous avons pu fixer les valeurs des nombres entiers n sans avoir la moindre idée de la valeur que peut présenter la charge apparente e', cette dernière devant être tout au contraire définie, en valeur relative, par le choix des nombres entiers n.

On atteint facilement ce but si la particule porte un petit nombre de charges élémentaires ; mais si le nombre de charges est grand au début des observations il faut avoir recours à

[1]) Voir *Archives*, t. XL, p. 386.

une expérience de longue durée comprenant un grand nombre de changements de charge.

Ce second cas étant plus intéressant nous prendrons comme exemple une goutte très fortement chargée qui n'a pas servi pour le calcul définitif parce que les valeurs absolues qui interviennent dans cette expérience n'étaient pas connues avec une précision suffisante.

En désignant par δ la distance parcourue par la goutte dans son mouvement de chute ou d'ascension on voit que le second membre de l'équation (5) est proportionnel à $\frac{\delta}{t_1} + \frac{\delta}{t_2}$ ou bien, puisque δ et t_1 sont des constantes pour une même goutte, à $\frac{t_1 + t_2}{t_2}$. Nous avons donc calculé d'abord pour toutes les observations faites sur une même particule les rapports $\frac{t_1 + t_2}{t_2}$. Les résultats de ce calcul effectué pour la goutte en question sont consignés dans le tableau II.

Tableau II

$\frac{t_1+t_2}{t_2}$	Différences	Δn	n	$\frac{t_1+t_2}{nt_2}$
2.473	—	—	31	0.0798
2.390	0.083	1	30	0.0797
2.312	0.079	1	29	0.0797
2.146	0.166	2	27	0.0795
2.067	0.079	1	26	0.0795
1.994	0.073	1	25	0.0798
1.599	0.395	5	20	0.0799

Nous avons indiqué dans la seconde colonne les différences entre les nombres consécutifs de la première. En comparant ces différences on constate qu'elles sont très sensiblement dans le rapport :

$$1 : 1 : 2 : 1 : 1 : 5 \quad .$$

Ceci amène à fixer le nombre des charges n portées successivement par la goutte et on trouve ainsi les nombres entiers inscrits dans la quatrième colonne ; la cinquième contient les rapports $\frac{t_1 + t_2}{nt_2}$ proportionnels à la charge élémentaire. La

constance de ce rapport se vérifie avec une précision remarquable puisque les plus grands écarts de la moyenne sont de 0,25 %.

Cette vérification est intéressante car elle montre qu'on peut ainsi fixer avec précision la valeur de la charge de l'électron, même si le nombre d'électrons portés par la goutte est supérieur à 30.

Nous faisons cette remarque seulement incidemment, car nous nous occuperons dans le présent mémoire plus spécialement des petites gouttes faiblement chargées, mais on peut utiliser pour le calcul même des gouttes portant un très grand nombre de charges, comme l'a fait M. Millikan.

La valeur absolue de la charge e qui résulte de l'expérience citée plus haut est légèrement trop grande, probablement en raison de l'exactitude insuffisante dans la détermination de la durée de chute qui influe en somme peu sur les valeurs relatives des rapports $\frac{t_1 + t_2}{t_1}$.

La table suivante représente les résultats du même calcul pour l'observation N° 23 qui intervient dans le calcul de la moyenne. (Voir le tableau V, p. 494).

Tableau III

$\frac{t_1 + t_2}{t_2}$	Différences	Δn	n	$\frac{t_1 + t_2}{n t_2}$
2.210	—	—	13	0.1699
2.043	0.1668	1	12	0.1702
1.874	0.1690	1	11	0.1703
1.707	0.1672	1	10	0.1707
1.524	0.1831	1	9	0.1693
1.350	0.1732	1	8	0.1688

V. Facteurs qui limitent la précision des observations

Tandis que la loi des multiples entiers se vérifie avec une exactitude surprenante pour les gouttes relativement grosses, il en est autrement pour les plus petites gouttes. Encore pour

celles-ci il ne peut subsister de doute en ce qui concerne l'existence de l'électron — les chiffres indiqués dans les protocoles d'observation en fournissent la preuve — mais la concordance des nombres est souvent moins satisfaisante. Cela tient à différentes causes perturbatrices dont nous voulons mentionner les principales.

1. Le mouvement brownien des gouttes se manifeste par des irrégularités de durée de chute et d'ascension, sensibles déjà lorsque ces durées sont de l'ordre de 20 secondes; mais les écarts deviennent très considérables lorsque les durées atteignent la valeur de 100 à 200 secondes. L'importance des écarts disparaît dans une certaine mesure pour la moyenne si le nombre des observations est grand [1]. Malheureusement pour des petites gouttes qu'on perdait facilement de vue on a dû se contenter souvent d'un nombre fort restreint d'observations. Cela diminue naturellement beaucoup la précision du résultat.

2. Le fait que les gouttes d'huile n'étaient pas complètement protégées, dans un certain nombre d'expériences, contre des poussières pouvait amener des erreurs dans des observations de longue durée faites avec des très petites gouttes. Nous attribuons à cette cause l'accord peu satisfaisant des valeurs $\frac{t_1 + t_2}{nt_2}$ dans une expérience faite avec une très petite goutte (durée de chute 97,58″) pour laquelle le tableau IV résume les résultats du calcul.

TABLEAU IV

Signe de la charge	$\frac{t_1 + t_2}{t_2}$	n	$\frac{t_1 + t_2}{nt_2}$
+	1.600	2	0.800
+	2.358	3	0.786
—	1.580	2	0.790
—	2.300	3	0.767

[1] L'erreur probable diminue, comme l'on sait, en raison inverse de la racine carrée du nombre d'observations.

Le signe de la charge de cette goutte a changé pendant l'observation. La décroissance visiblement systématique des nombres indiqués dans la quatrième colonne peut être due à des poussières ou à toute autre cause qui, pendant la durée de l'expérience a pu modifier la masse ou la forme de la goutte.

Nous avons cru bien faire de ne pas prendre en considération, pour le calcul du coefficient de correction de la loi de Cunningham, des gouttes montrant une irrégularité aussi manifeste que celle qui vient d'être citée.

3. Les causes d'erreur signalées plus haut ne sont sensibles que pour des petites gouttes, plus spécialement pour celles dont la durée de chute est supérieure à 50 secondes. En ce qui concerne les plus grosses gouttes les valeurs relatives de la charge élémentaire montrent en général un accord satisfaisant, mais pour l'observation des petites durées de chute, déjà pour celles qui sont comprises entre 10″ et 20″, intervient une autre cause d'erreur qui affecte surtout la valeur *absolue* de e'.

En observant les durées de chute et d'ascension avec un simple chronographe nous n'avons pu dépasser la précision de 0,1″ et il est vraisemblable que nous n'avons effectivement jamais atteint cette exactitude. Il est donc prudent de fixer la limite de précision à 0,2″. Ceci admis on voit que l'observation d'une durée de chute de 20″ peut être affectée d'une erreur de 1 %. Puisque cette durée intervient dans le calcul de e' élevée à la puissance $\frac{3}{2}$ on reconnaît que l'erreur peut ainsi atteindre 1,5 % et peut-être même 2 %. Nous avons expliqué dans l'introduction que nous avions en vue principalement l'étude des petites gouttes. Nous avons donc utilisé pour le calcul définitif, exclusivement celles dont la durée de chute est supérieure à 20″, pour lesquelles par conséquent l'erreur signalée en dernier lieu est inférieure à 1,5 %.

De même nous n'avons pas cru devoir tenir compte des observations de la vitesse d'ascension faites avec des particules trop fortement chargées, et nous n'avons utilisé pour le calcul, en général, que des durées d'ascension supérieures à 20″. Il est toutefois à remarquer que la durée d'ascension n'intervient qu'à la première puissance dans l'expression de e' ; on peut donc se

permettre une précision un peu moindre dans la détermination de cette quantité.

Le nombre d'observations de la durée de chute dont on a pris la moyenne est presque toujours supérieur à 4, et quelquefois même plus grand que 20. Pour la durée d'ascension un nombre de trois ou quatre observations a été jugé suffisant. Dans des cas tout à fait exceptionnels nous nous sommes contentés d'une observation isolée de la durée d'ascension.

La précision des résultats individuels ne doit être dans aucun cas, semble-t-il, inférieure à 2 %. Dans la plupart des cas, l'erreur est certainement inférieure à 1 %. La principale erreur que nous pouvions commettre tient à l'exactitude limitée des mesures du temps, toutes les autres quantités qui interviennent en valeur absolue étant déterminées avec une précision beaucoup plus grande.

VI. Valeurs absolues du rayon apparent a' et de la charge élémentaire apparente e' d'une goutte

Nous avons convenu au chapitre II de nommer « valeurs apparentes » celles qui ont été calculées en supposant exacte la loi de Stockes (équation 7). Ces valeurs sont exprimées par les formules (8) et (9). Au point de vue du calcul des expériences, il est à remarquer que la vitesse de chute d'une goutte se déduit de la distance de chute δ et de la durée t_1 suivant la formule

$$v_1 = \frac{\delta}{t_1} \quad ,$$

de sorte que la formule (8) peut être mise sous la forme :

$$a' = \sqrt{\frac{9\eta\delta}{2\sigma g t_1}} \quad . \qquad (12)$$

De même la formule (9) doit être transformée en y introduisant les quantités δ, t_1 et t_2, ainsi que la différence de potentiel V indiquée par le voltmètre et la distance d des deux plateaux

du condensateur. L'intensité du champ F est en effet exprimée par

$$F = \frac{V}{300\,d} \quad .$$

Puisque le nombre des charges élémentaires n, correspondant à la durée d'ascension t_2, peut être déterminé indépendamment de la valeur absolue de cette charge, nous pouvons calculer la quantité e' à l'aide de la formule :

$$e' = \frac{1800\pi\, d\delta\eta}{nV}\sqrt{\frac{9\eta\delta}{2\sigma g t_1}}\,\frac{t_1 + t_2}{t_1 t_2} \quad . \qquad (13)$$

Nous avons déterminé la densité σ de l'huile d'olive utilisée dans nos expériences et nous avons obtenu à 18° :

$$\sigma_{18} = 0.9124 \quad .$$

Nous avons également déterminé le coefficient de dilatation de l'huile :

$$k = 0.0007046 \quad .$$

Ces données permettent de dresser une table des densités σ_t pour toutes les températures qui entrent en ligne de compte. Une pareille table a servi pour le calcul des expériences.

Pour calculer le coefficient de viscosité de l'air nous avons utilisé la formule de Sutherland

$$\eta = \eta_0 \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{T}}\sqrt{\frac{T}{273}} \quad ,$$

(où T représente la température absolue) qui nous a permis de dresser une seconde table fournissant η en fonction de la température. Pour η_0 nous avons pris la valeur indiquée par Breitenbach (¹)

$$\eta = 0.00017137$$

qui ne s'écarte pas beaucoup du résultat des recherches récentes

¹) Breitenbach, *Wied. Ann.* **67**, 1899, p. 803.

discuté dernièrement par M. Millikan [1] ; pour C la valeur également indiquée par Breitenbach :

$$C = 119^\circ.4 \quad .$$

En ce qui concerne les autres quantités dont dépend la valeur de e', la distance d des deux plateaux du condensateur était par construction égale à 0,5 cm. (avec une précision de 0,002 cm. au moins, ce que nous avons vérifié) ; nous avons de même mesuré la distance δ avec une précision de 0,0003 cm., soit environ 0,1 %. Les indications du voltmètre doivent être considérées comme exactes à 0.1 % près. Enfin nous avons pris

$$g = 981 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2} \quad ,$$

ce qui s'accorde à quelques dixmillièmes près avec la valeur de g dans la localité où le travail a été exécuté.

Le chronographe a été vérifié par comparaison avec un pendule battant la seconde. L'erreur absolue étant inférieure à un millième, pour l'instrument dont on se servait habituellement, nous n'avons pas estimé nécessaire de corriger ses indications. Certaines observations faites avec un autre chronographe affecté d'une erreur d'environ 0.3 % ont subi la correction nécessaire.

Nous estimons donc que les valeurs de e' calculées au moyen de la formule (13) doivent présenter, dans la plupart des cas, une précision de 1 % au moins.

VII. Détermination du coefficient de correction de Cunningham

Pour déterminer le coefficient empirique qui intervient dans la loi de résistance véritable (formule de Stokes-Cunningham, équation (5)) nous avons utilisé les équations (10) et (11). Avant tout il fallait vérifier que les valeurs de e' varient d'une façon régulière en fonction de la vitesse de chute. Nous avons repré-

[1]) R. A. Millikan, *Ann. d. Phys.* **41**, 1913, p. 759.

senté nos résultats par une courbe qui montrait une allure régulière.

Parmi les 70 gouttes qui ont été observées il y en avait 27 dont les durées de chute se plaçaient entre 200″ et 20″. Nous avons écarté celles pour lesquelles on n'a pu faire qu'un nombre d'observations absolument insuffisant ou celles qui montraient des anomalies trop manifestes. Cette élimination faite il restait 22 gouttes qui ont servi pour les calculs définitifs.

Le tableau V résume les résultats pour ces 22 gouttes groupées suivant l'ordre des rayons croissants. Les numéros placés entre parenthèses sont ceux des protocoles détaillés dont quelques-uns sont joints à ce mémoire.

Tableau V ([1])

Nos	$\overline{v_1}$ (cm. : sec.)	$a' \times 10^5$ (cm.)	$e' \times 10^{10}$ (U.E.S.)	$e' \times 10^{10}$ (U.E.S.)
1 (32)	0.001770	4.008	6.470	4.750
2 (27)	0.002441	4.699	6.215	4.775
3 (64)	0.002803	5.065	6.090	4.765
4 (22)	0.003330	5.516	5.910	4.720
5 (21)	0.003555	5.689	5.870	4.720
6 (25)	0.004954	6.716	5.710	4.745
7 (31)	0.005362	6.983	5.645	4.725
8 (37)	0.005523	7.080	5.620	4.715
9 (20)	0.005588	7.133	5.630	4.730
10 (48)	0.005855	7.326	5.600	4.725
11 (40)	0.006552	7.711	5.535	4.710
12 (69)	0.006821	7.892	5.515	4.710
13 (23)	0.007540	8.299	5.510	4.745
14 (41)	0.007641	8.321	5.520	4.750
15 (43)	0.007948	8.521	5.510	4.760
16 (62)	0.008785	8.953	5.450	4.745
17 (44)	0.009381	6.258	5.425	4.740
18 (38)	0.009500	9.301	5.415	4.740
19 (42)	0.009817	9.470	5.410	4.745
20 (45)	0.011370	10.190	5.360	4.745
21 (60)	0.011890	10.440	5.330	4.730
22 (55)	0.012520	10.658	5.340	4.750

[1]) Ce tableau a été publié dans les *C. R.*, t. **156**, p. 304, séance du 27 janvier 1913.

En vue du calcul de K on a pris la moyenne arithmétique des sept derniers résultats, les N°s 16 à 22 du tableau, pour lesquels la variation de e' est à peu près proportionnelle à celle de a', dans les limites de précision qu'il s'agit d'atteindre.

On a ensuite calculé K au moyen de chacune des six premières observations, les N°s 1 à 6, qui fournissent les valeurs les plus élevées de e'.

On a ainsi utilisé toutes celles des expériences qui pouvaient servir à la détermination du coefficient K avec quelque chance de précision.

Désignons par a_1' et e_1' les valeurs *apparentes* du rayon et de la charge élémentaire et par a_1 et e les valeurs véritables. On tire les formules (10) et (11)

$$K = \frac{a_1'^2 - a_1^2}{a_1} .$$

Soit :

$$K = a_1' \left[\left(\frac{e_1'}{e} \right)^{1/3} - \left(\frac{e}{e_1'} \right)^{1/3} \right] . \qquad (14)$$

Quoique cette formule ne puisse être calculée au moyen des logarithmes elle permet d'obtenir sans grande difficulté K avec une précision suffisante si on possède la valeur de e. Pour trouver cette dernière, on utilise une seconde observation faite avec une goutte d'un autre rayon, aussi différent que possible de celui de la première goutte. Soient a_2' et e_2' les valeurs *apparentes* du rayon et de la charge élémentaire pour cette goutte. Il suffit d'inscrire la formule (14) pour cette seconde goutte et d'éliminer K entre les deux équations. On obtient ainsi :

$$a_2' \left[\left(\frac{e_2'}{e} \right)^{1/3} - \left(\frac{e}{e_2'} \right)^{1/3} \right] = a_1' \left[\left(\frac{e_1'}{e} \right)^{1/3} - \left(\frac{e}{e_1'} \right)^{1/3} \right] ,$$

équation de laquelle on peut tirer e.

Pour abréger l'écriture nous poserons :

$$e^{1/3} = x \quad ; \qquad e_1'^{1/3} = m_1 \quad ; \qquad e_2'^{1/3} = m_2 \quad ;$$

$$\frac{a_1'}{a_2'} = \alpha \quad ; \qquad \frac{m_1}{m_2} = \mu \quad .$$

L'équation précédente peut alors s'écrire :

$$\mu(m_2^2 - x^2) = \alpha(m_1^2 - x^2) \quad .$$

D'où l'on tire :

$$x = \sqrt{\frac{m_1^2\alpha - m_2^2\mu}{\alpha - \mu}} \quad . \tag{15}$$

Cette dernière formule, assez simple, permet le calcul de x; la formule (14) fournit ensuite K.

Les valeurs trouvées par ce procédé sont réunies dans le tableau VI. Les numéros se rapportent aux six premières expériences indiquées dans le tableau V qui ont servi, chacune individuellement, pour en déduire les six valeurs de K inscrites dans la seconde colonne.

La troisième colonne du tableau contient les valeurs du coefficient théorique :

$$A = \frac{K}{l}$$

calculées en supposant le chemin moyen des molécules d'air égal à $9{,}5 \times 10^{-6}$ cm. Ce chiffre correspond à la température de 19° et à la pression de 760 mm., soit approximativement aux conditions moyennes de nos expériences.

Si l'on tient compte du fait que la valeur de K est très fortement influencée par les petites erreurs expérimentales, ces chiffres constituent une bonne vérification de la loi de Stokes-Cunningham.

TABLEAU VI

Nos	$K = Al$	$A = \frac{K}{l}$
1	8.34×10^{-6}	0.877
2	8.70 »	0.916
3	8.64 »	0.910
4	7.89 »	0.831
5	7.85 »	0.826
6	8.33 »	0.877
Moyennes	8.29×10^{-6}	0.873

VIII. La signification du coefficient théorique A et la valeur de la charge de l'électron

La valeur A qui résulte de nos expériences est :

$$\underline{A = 0.873} \; .$$

Millikan avait supposé primitivement A = 0.815, valeur correspondant à l'hypothèse que le choc des molécules du gaz contre la surface de la goutte présente le caractère d'un choc *mou*. L'autre valeur limite A = 1.63 résulte de l'hypothèse d'un choc élastique. D'après M. J. Roux [1] la valeur 1.63 conviendrait pour des sphérules de soufre à l'état surfondu. Nous doutons que cette valeur extrême du coefficient A soit vraiment exacte. La méthode que M. J. Roux a utilisée pour déterminer A n'est peut-être pas très sûre. Le fait que la grande valeur attribuée à A conduit pour la charge de l'électron à $4{,}2 \times 10^{-10}$ (U. E. S.), valeur qui nous semble être beaucoup trop petite, confirme cette idée que le coefficient de correction K adopté par M. Roux est trop grand. Si l'on calcule e d'après les observations de M. Roux en utilisant la valeur $K = 8.29 \times 10^{-6}$ on obtient un nombre qui se rapproche beaucoup de celui de M. Millikan ou du nôtre. De plus la valeur admise par M. Roux est en désaccord avec les résultats obtenus par MM. Knudsen et S. Weber [2] et par Mc Keehan [3].

Remarquons enfin que même au point de vue théorique l'hypothèse d'un choc parfaitement élastique est peu vraisemblable.

La valeur trouvée pour les gouttes d'huile d'olive présente une signification plus facilement acceptable. Les échanges de quantité de mouvement entre la goutte et les molécules ne sont

[1]) J. Roux, *C. R.*, **152**, 1911, p. 1168; **155**, 1912, p. 1490; *Ann. de chim. et phys.*, **29**, 1913, p. 69.

[2]) M. Knudsen et S. Weber, *l. c.*

[3]) L. W. Mc Keehan, *Phys. Zeitschr.*, **12**, 1911, p. 707; *Phys. Rev.* **33**, 1911, p. 153.

assimilables ni à un choc élastique ni à un choc mou. Ce qui se passe se rapproche cependant davantage du choc mou que du choc élastique.

Il est de même à mentionner que notre résultat s'accorde parfaitement avec celui que M. Millikan a obtenu dans son second travail [1].

Après avoir trouvé la valeur du coefficient K on peut utiliser les formules (10) et (11) pour déduire de chaque détermination individuelle de e' une valeur de e. C'est de cette façon qu'on a calculé les chiffres indiqués dans la cinquième colonne du tableau V.

La valeur moyenne :

$$\underline{\underline{e = 4.738 \times 10^{-10} \text{ (U. E. S.)}}}$$

ne s'écarte que de 0,8 % des valeurs individuelles extrêmes et elle est censée être exacte en valeur absolue à 1 % près au moins. La valeur correspondante du nombre d'Avogadro est :

$$\underline{\underline{N = 6.11 \times 10^{23}}} \; .$$

Ces nombres s'accordent, dans les limites de précision de nos observations avec ceux obtenus par M. Millikan.

Protocoles de quelques observations

Nous joignons à ce mémoire les protocoles détaillés de quelques expériences ayant servi au calcul du résultat définitif. A notre grand regret il n'a pas été possible, faute de place, de publier dans ce périodique l'ensemble des protocoles, ce qui était primitivement notre intention [2].

[1]) R. A. Millikan, 1913, *l. c.*

[2]) Le Laboratoire de physique de l'Université tient à la disposition des savants qui s'intéressent à cette question les protocoles de toutes les 22 expériences consignées dans le tableau V.

Notons encore qu'aucune des expériences éliminées, comme ne satisfaisant pas aux conditions précisées plus haut (p. 489 et 490), ne fournit une valeur de e qui s'écarte de plus de 2 % de la moyenne

En ce qui concerne les symboles adoptés, rappelons que t_1 signifie la durée de chute, t_2 la durée d'ascension. Les valeurs moyennes sont caractérisées par un trait horizontal placé au-dessus de la lettre; n représente le nombre de charges élémentaires, E′ la charge totale et e' la charge élémentaire, calculées au moyen de la formule (9); a' est le rayon apparent de la goutte (équation 8) $\bar{v}_1$ la vitesse de chute moyenne.

Le symbole Ra indique qu'un changement de charge a été provoqué par l'action des rayons d'une préparation radioactive. Si cette indication manque le changement observé s'est produit spontanément.

Θ représente la température et V la différence de potentiel, notées au début et à la fin de l'expérience.

La distance de chute δ est ordinairement de 0,285 cm.; elle présente la valeur exceptionnelle 0,247 cm. dans les expériences 62 et 64.

La correction des indications du chronographe a dû être faite dans les expériences 20 et 21. On n'a corrigé que les valeurs moyennes des durées d'ascension et de chute.

Le signe de la charge est indiqué dans tous les protocoles sauf dans celui de l'observation 20 où l'on a oublié de le noter.

La légère diminution progressive que montrent les valeurs de e' au cours de quelques observations de longue durée est peut-être due à une variation continue de la masse ou de la forme des gouttes (effet de poussières ?) On constate d'ailleurs l'absence d'une variation corrélative des durées de chute; ces dernières restent au contraire remarquablement constantes, ou varient irrégulièrement par suite du mouvement brownien, ce qui prouve, en tous cas, la faible importance de la cause d'erreur signalée.

N° 32. Goutte négative

$\theta = 18°$; $V = 100.2$ volt.

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
166.6	26.2	26.25	7.1343	4	25.734	6.4334
—	26.2					
—	26.0					
—	26.0 Ra					
171.7	37.1	36.85	5.3699	3	19.369	6.4564
—	36.0					
—	37.2					
—	35.6					
—	37.8					
152.8	62.0	61.50	3.6183	2	13.051	6.5256
—	61.0					
153.0	37.4	—	—	—	—	—

$\bar{t}_1 = 161.03''$; $\bar{v}_1 = 0.001770 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$; $a' = 0.00004008$ cm.

$\bar{e}' = 6.472 \times 10^{-10}$

N° 64. Goutte négative [1]

$\theta = 20.6°$; $V = 99.8$ volt.

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
87.6	11.6 Ra	—	—	—	—	—
87.7	22.3	22 00	5.0037	6	36.525	6.087
86.4	22.2					
85.1	22.5					
94.7	21.3					
—	21.8					
93.3	22.3					
88.9	18.4	18.43	5.7790	7	42.175	6.026
88.8	18.8					
86.8	18.1					
—	21.7	—	—	—	—	—
87.3	21.9 Ra					

[1]) La distance δ est dans cette expérience $\delta = 0.247$ cm.

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
—	37.3					
—	37.2	36.88	3.3883	4	24.733	6.183
—	36.5					
86.5	36.5 Ra					
—	58.5					
—	59.9					
—	58.8					
—	59.6					
86.2	58.0	58.76	2.4990	3	18.242	6.081
—	57.9					
—	58.5					
85.8	58.9 Ra					
—	133.2					
—	131.4	132.90	1.6626	2	12.136	6.068
—	134.2					

$\bar{t}_1 = 88.08''$; $\bar{v}_1 = 0.002803 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$; $a' = 0.00005065$ cm.

$$\bar{e}' = 6.089 \times 10^{-10}$$

N° 22. Goutte positive

$\theta = 20.1°$; V = 99.1 volt.

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
86.0	39.7	40.20				
85.6	40.7					
—	31.8					
—	31.9					
—	31.2	31.51	3.7158	6	35.288	5.881
—	31.7					
—	30.8					
—	31.7 Ra					
84.7	39.6					
—	40.5	40.32	3.0975	5	29.422	5.884
—	40.4					
—	40.8 Ra					

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
85.6	57.0					
87.0	56.4	56.30	—	—	—	—
85.2	55.5					
84.2	97.2	97.30	1.8795	3	17.849	5.950
84.3	97.4 Ra					
86.7	57.9	—	—	—	—	—
84.5	40.9	—	—	—	—	—
87.3	58.4					
87.1	55.5					
—	56.9	57.30	2.4971	4	23.7188	5.930
—	57.8					
84.5	57.9					

$\bar{t}_1 = 85.58''$; $\bar{v}_1 = 0.003330 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$; $a' = 0.00005516$ cm.

$$\bar{e}' = 5.911 \times 10^{-10}$$

N° 25. Goutte négative

$\theta = 19°$; V = 98.9 volt.

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
57.3	43.0	43.00	—	—	—	—
58.5	43.0					
57.0	56.7					
—	60.0					
—	57.8					
—	59.8	58.06	1.9910	6	34.220	5.703
—	57.0					
—	58.4					
—	56.7 Ra					
57.5	42.7					
—	44.5					
—	43.6	43.24	2.3304	7	40.058	5.723
—	43.6					
—	42.9					
—	42.6 Ra					
57.8	34.7					
—	34.8	34.75	2.6556	8	45.646	5.706
—	34.2					
—	35.3 Ra					

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
—	86.0					
—	85.4	86.58	1.6645	5	28.610	5.722
—	88.5					
—	86.4 Ra					
—	172.4					
—	179.6	178.35	1.3226	4	22.725	5.681
57.1	180.7					

$\bar{t}_1 = 57.53''$; $\bar{v}_1 = 0.004954 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$; $a' = 0.00006716$ cm.

$$\bar{e}' = 5.707 \times 10^{-10}$$

N° 48. Goutte négative

$\theta = 21°$; V = 99.3 volt.

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
48.7	24.3					
48.4	23.7	24.00	3.0283	12	67.187	5.599
47.6	24.0					
48.9	30.8					
48.8	31.8					
50.3	32.3					
47.6	32.3	31.73	2.5344	10	56.224	5.622
—	31.9					
48.8	31.3 Ra					
49.8	38.3					
—	38.3					
—	39.0	38.65	2.2595	9	50.129	5.570
—	39.0 Ra					
48.1	46.6					
—	47.3					
—	47.9					
—	49.3	47.83	2.0178	8	44.766	5.596
—	47.6					
49.3	48.3 Ra					

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
—	95.2					
—	91.6	94,20	1.5158	6	33.651	5.609
—	94.8					
47.9	95.2					

$\bar{t}_1 = 48.68''$; $\bar{v}_1 = 0.005855 \frac{cm.}{sec.}$; $a' = 0.00007326$ cm.

$$\bar{e}' = 5.599 \times 10^{-10}$$

N° 40. Goutte négative

$\theta = 18°$; V = 98 volt.

t_1	t_2	$\bar{t}_2$	$\frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{\bar{t}_2}$	n	$10^{10}E'$	$10^{10}e'$
44.5	31.9					
—	32.3					
—	31.0	31.87	2.3649	11	64.290	5.572
—	32.2					
—	31.9					
43.2	31.9 Ra					
—	28.5					
—	27.9					
—	28.1	28.05	2.5508	12	66.116	5.510
—	28.0					
—	27.3					
42.3	28.5 Ra					
—	38.1					
—	38.3					
—	38.5	38.45	2.1313	10	55.225	5.523
42.2	38.9					
44.0	38.5					
44.0	38.4					

$\bar{t} = 43.50''$; $\bar{v}_1 = 0.006552 \frac{cm.}{sec.}$; $a' = 0.00007711$ cm.

$$e' = 5.535 \times 10^{-10}$$

REMARQUES CONCERNANT

L'APPAREIL D'INDUCTION DE C. CHILOWSKI

POUR REPÉRER LA POSITION DES PROJECTILES

PAR

Auguste PICCARD

Dans le cahier de juin des *Archives* ([1]), M. Chilowski décrit un appareil fort intéressant destiné à repérer la position des projectiles dans le corps humain. Le premier dispositif, construit par M. Chilowski, se compose de deux bobines, dont les plans sont perpendiculaires l'un à l'autre ([2]). L'une des bobines (AA) étant traversée par un courant alternatif il ne se produit par induction un courant dans l'autre (BB) que si une pièce métallique est placée dans le voisinage de l'appareil d'une façon asymétrique par rapport à la bobine BB, c'est-à-dire en dehors de son plan BB (plan d'extinction). La preuve en est donnée par raison de symétrie. Jusqu'ici je suis d'accord avec l'auteur. Mais il continue dans le même ordre d'idées en plaçant une troisième bobine CC perpendiculaire aux deux premières et, comme cette bobine a certainement aussi un plan d'extinction il en conclut que les deux bobines BB et CC n'auront ensemble *qu'une droite d'extinction* qui est la ligne d'intersection OO des deux plans BB et CC. Il doit y avoir au contraire tout un *plan d'extinction* passant par la ligne OO. C'est l'un des

[1]) *Archives*, 1915, t. XXXIX, p. 494.
[2]) Voir la figure p. 495.

deux bisecteurs de l'angle solide formé par les bobines BB et CC. On voit en effet que chaque point de l'un de ces plans agira de la même façon mais en sens inverse sur les deux bobines tandis que les effets provenant de l'autre plan s'additionneront sur les deux bobines. Le sens de l'enroulement déterminera lequel des deux plans bisecteurs sera le plan d'effet maximum et lequel sera le plan d'extinction Il en résulte que les deux bobines BB et CC auront le même effet que l'unique bobine du premier dispositif.

Puisqu'il serait précieux d'avoir un appareil permettant de déterminer par l'extinction du son du téléphone une *droite* contenant le projectile, je proposerai la construction suivante : je remplace les deux bobines induites par une seule bobine BB montée sur pivots et pouvant être mise en rotation rapide autour de l'axe OO. (Cet axe est l'axe géométrique de la bobine AA, il passe par le plan de la bobine induite BB).

Faisons maintenant passer un courant continu par la bobine AA. Chaque petite sphère de fer doux, placée dans son voisinage, sera aimantée par ce courant et produira un flux variable dans la bobine tournante BB, à moins que la sphère reste continuellement dans le plan de BB ce qui n'est possible que si elle se trouve sur l'axe OO. Cette droite sera donc bien une droite d'extinction. Si le projectile se compose d'un métal non magnétique il faudra exciter la bobine AA par un courant alternatif et l'effet sera le même.

Il faut cependant prévoir deux cas, où l'exécution se heurtera peut être à de sérieuses difficultés. Si le projectile s'écarte beaucoup de la forme sphérique son moment magnétique ne sera pas nécessairement parallèle au champ extérieur (grâce au champ démagnétisant oblique), l'extinction ne se produira donc pas nécessairement si le métal est placé sur la droite OO. L'expérience devra montrer jusqu'à quel point les déterminations de position en seront faussées. Tandis que cet inconvénient existe évidemment déjà dans l'appareil de M. Chilowski, le suivant est une conséquence de la rotation de la bobine induite. Si le projectile est en acier aimanté ayant de lui-même un moment magnétique non parallèle à l'axe OO, l'extinction ne se produira pas complètement. Il faudra remédier en produisant par

la bobine AA des champs assez considérables pour redresser l'aimantation du projectile ou peut-être le projectile lui-même. Cela ne sera possible qu'en utilisant un courant continu pour l'excitation (à cause de la selfinduction).

J'espère que M. Chilowski aura l'occasion de maintenir les lecteurs des *Archives* au courant de ses recherches intéressantes et utiles.

REMARQUE SUR LA NOTE PRÉCÉDENTE

PAR

C. CHILOWSKI

L'objection formulée par M. le Dr Piccard est en effet fondée lorsque les deux bobines BB et CC sont en série sur un même téléphone. Mais il suffit pour la faire tomber de rendre les deux circuits BB et CC indépendants et de les munir chacun d'un téléphone destiné à chaque oreille ([1]). Ce dispositif auquel nous avions songé dès le début de nos recherches ([2]) aurait l'avantage de déceler plus aisément la position cherchée en observant successivement l'extinction du son à chaque oreille. Il est infiniment plus simple que la mise en rotation de la bobine induite dont le réglage est toujours délicat. Quant à l'emploi du courant continu proposé par M. Piccard, il se heurterait certainement à de très grandes difficultés. Il faudrait en effet pour ne pas avoir un son trop grave, communiquer à la bobine induite une vitesse de plusieurs centaines de tours à la seconde. On risquerait fort en outre de ne plus percevoir d'extinction du son par suite de la présence du champ magnétique terrestre. Nous publierons très prochainement les derniers résultats obtenus avec notre dispositif.

[1]) Il suffit également de mettre alternativement le téléphone en rapport avec chaque circuit.

[2]) Brevet du 2 mars 1915.

SUR LES

ALLIAGES D'ARGENT ET DE PLATINE

ET SUR

L'ANALYSE DES DITS

PAR

Ide KOIFMANN

Dans le but d'arriver à perfectionner les méthodes d'analyse par voie sèche des alliages de platine j'ai, à l'instigation de M. le Professeur Duparc, entrepris une série de recherches sur la manière dont se comportent les alliages de platine-argent, platine-or et platine-argent-or vis-à-vis des acides. La présente note a pour but de faire connaître les premiers résultats que j'ai obtenus sur les alliages de platine-argent et sur l'action de l'acide nitrique sur les dits.

Préparation des alliages

J'ai d'abord préparé mes alliages sur la coupelle en prenant un poids déterminé d'argent et de platine que je passais avec une quantité de plomb suffisante de façon à obtenir un bouton métallique. Cette méthode s'est montrée malheureusement tout à fait insuffisante; on trouvait, en effet, toujours des pertes sensibles, provenant du rochage ou de la ventilation de l'argent. Ainsi, sur un total de 2,8796 des deux métaux pesés, le bouton résultant pesait seulement 2,8394. Dans un autre essai où le total des deux métaux était de 1,0390 j'ai obtenu un bouton de 1,030 et dans un troisième essai pour 1,0148 un bouton de 0,9582.

En présence de résultats semblables, la perte obtenue étant dans presque tous les cas supérieure à la quantité de platine introduite dans l'alliage, j'ai cherché une autre méthode qui m'a donné des résultats irréprochables. Pour faire les alliages d'argent et de platine j'introduis les deux métaux pesés dans des petits creusets de porcelaine de Bayeux et je fonds au four Hempel sous une couverture de chlorure de sodium. La température de fusion est maintenue pendant 20 minutes à peu près et après refroidissement le creuset est mis dans l'eau qui dissout le sel, et qui permet d'isoler le bouton métallique formé par l'alliage. L'analyse de la solution de chlorure de sodium montrait qu'elle ne renfermait pas trace d'argent, si le chlorure de sodium employé avait été préalablement fondu.

J'ai également employé le borax comme couverture, mais avec des résultats moins bons, car dans chaque opération le creuset était percé par l'action du borax. Les boutons métalliques des alliages obtenus étaient en général d'un poids égal à celui de la somme des deux métaux et quelquefois très légèrement inférieurs, mais ceci était sans inconvénient, car dans ce cas la différence observée était exclusivement attribuable à une faible volatilisation de l'argent. Les chiffres suivants peuvent servir à le démontrer.

Poids total des 2 métaux	Poids total des 2 boutons	Poids total des 2 métaux	Poids total des 2 boutons
1,0456	1,0410	1,1234	1,1200
2,0598	2,0564	0,7330	0,7306
1,2624	1,2576	1,4808	1,4780
1,2078	1,2060		

Au cours de ces opérations, j'ai eu l'occasion de vérifier la faible solubilité du platine dans l'argent fondu et la difficulté qu'il y a d'obtenir des alliages à titre élevé en platine. Ainsi, dans la plupart de mes expériences, les alliages que j'obtenais renfermaient entre 5 % et 0,2 % de platine et dans ces conditions tout le platine introduit à l'état de mousse avec l'argent était dissout et il n'en restait plus. J'ai essayé d'obtenir des alliages plus riches, et dans ce but, j'ai fondu ensemble 2,9

grammes d'argent fin avec 0,1612 de platine pur, en lame que je n'ai point découpée en morceaux, mais introduit tel quel. Après avoir chauffé pendant 1 heure à la température de fusion de l'argent et attaqué le bouton obtenu par l'acide nitrique, il est resté un morceau de plaque non attaqué qui pesait 0,0454 grammes. Il s'en était donc dissout dans l'argent 0,1158 et l'alliage formé renfermait seulement 4,156 % de platine.

En procédant comme il vient d'être indiqué, nous avons obtenu les alliages suivants :

Platine	Argent	Platine	Argent
0,854 %	99,146 %	1,000 %	99,000 %
5,162 »	94,838 »	0,398 »	99,602 »
0,860 »	99,140 »	0,509 »	99,491 »
0,974 »	99,026 »	0,572 »	99,428 »
0.219 »	99,781 »	1,338 »	98,662 »
0,451 »	99,549 »		

Attaque des alliages par l'acide nitrique

Cette attaque a été faite par de l'acide nitrique concentré à 22 degrés de B au bain-marie. Le but que nous désirions atteindre, était de préciser dans quelles conditions le platine est entièrement soluble dans l'acide nitrique en présence de l'argent, et de voir en particulier si avec les titres faibles on pouvait arriver à une solubilisation partielle et avec les titres moyens à une solubilisation partielle et avec les titres élevés à une insolubilité complète du platine. Les résultats obtenus dans l'attaque à l'acide nitrique ont été les suivants : Quel que soit le titre de l'alliage sur lequel on opérait (de 0,2 à 5 %), on obtenait invariablement comme produit final de l'attaque un résidu noir plus ou moins volumineux suivant le titre en platine de l'alliage et une solution brune plus ou moins foncée d'aspect colloïdal. Lorsqu'on décantait la solution avec précaution et qu'on traitait le résidu noir par l'eau distillée, il se formait une solution identique à la première et le résidu disparaissait complètement, de sorte qu'à la fin de l'opération on n'avait qu'une

solution brune colloïdale plus ou moins foncée ; plus l'acide était concentré, plus faible était la coloration brune obtenue et plus grand était le résidu. Le résidu était impossible à filtrer, car lorsqu'on décantait la solution nitrique brune pour le laver avec de l'eau, il formait avec celle-ci une solution colloïdale qui passait à travers tous les filtres. Inversement, lorsque à la solution aqueuse du résidu noir on ajoutait de l'acide nitrique, une partie de la solution colloïdale reprécipitait. J'ai alors essayé un autre procédé pour tâcher de séparer le platine de la solution. Dans ce but, j'attaquais directement les alliages par l'acide nitrique concentré dans de grosses éprouvettes et je soumettais celle-ci directement à la centrifugation à raison de 4000 tours par minute. J'obtenais de la sorte un précipité noir et une solution parfaitement claire colorée plus ou moins fortement et qui paraissait être une véritable solution. En décantant cette solution parfaitement claire en apparence et en la soumettant à une nouvelle centrifugation, on obtenait de nouveau un petit précipité, ce qui démontre qu'il s'agissait bien d'une solution colloïdale. Après des centrifugations successives, pendant une durée de trois heures environ, on obtenait toujours une solution colorée gardant les mêmes caractères. Le résidu de ces différentes centrifugations, lavé plusieurs fois par l'acide nitrique, donnait toujours une solution brunâtre et ceci jusqu'à départ complet de toute trace d'argent. C'est alors que, si l'on traitait le précipité par l'eau, il donnait une solution colloïdale très prononcée d'où l'on pouvait précipiter de nouveau le platine par centrifugation, sans arriver cependant à la décoloration complète. Il importait d'être bien fixé sur la nature du résidu qui donnait la solution colloïdale. Dans ce but, après l'avoir lavé complètement à l'acide nitrique 1-1 jusqu'à cessation de réaction de l'argent, je l'ai dissout dans l'eau régale et obtenu de la sorte un liquide *jaune* ayant tous les caractères du chlorure de platine, qui évaporé plusieurs fois à sec et repris par l'eau ne laissait aucun résidu de chlorure d'argent. Il n'y avait aucun doute possible, ce résidu était entièrement formé par du platine pur, passant avec la plus grande facilité à l'état colloïdal après l'attaque de l'alliage d'argent dans lequel il était incorporé. Comme les essais ont été faits avec du platine spectroscopique-

ment pur, il n'y avait pas lieu de supposer la présence d'iridium ou de métal semblable [1]. Il résulte donc de ces essais qu'il est absolument impossible d'attaquer un alliage de platine-argent par de l'acide nitrique de façon à obtenir un résidu insoluble de platine et une solution nitrique partielle de ce métal. Dans tous les cas, le platine qui reste est susceptible de passer entièrement à l'état de solution colloïdale quand on supprime l'acide et ajoute l'eau sur le résidu en quantité suffisante; c'est un véritable moyen de préparer des solutions colloïdales aqueuses de platine. L'expérience nous a montré que ces solutions, abandonnées plusieurs jours à elles-mêmes, ne précipitent pas. Ces expériences montrent également qu'il ne faut pas songer à établir une séparation quantitative du platine et de l'argent basée sur une attaque par l'acide nitrique des alliages formés par ces deux métaux.

J'avais pensé que peut-être la présence de nitrate d'argent jouait un certain rôle dans la formation du platine colloïdal, j'ai démontré qu'il n'en était rien dans l'expérience que voici :

J'ai pesé 0,0106 grammes platine
1,0314 » argent

J'ai attaqué à l'acide nitrique et fait bouillir, filtré et j'ai obtenu comme poids en platine 0,0102.

[1]) Platine spectroscopiquement pur, fourni par M. Quenessen.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT L'ANNÉE 1914

RÉSUMÉ ANNUEL

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire de Genève

ET

Ernest ROD

I. *Introduction*

Comme à Genève, l'année 1914 a été une année assez médiocre aux forts de Saint-Maurice. Elle ressemble plus, par sa température moyenne annuelle, à 1912 qu'à 1913, parce que l'écart de température annuelle est négatif, tandis qu'il était positif en 1913 à cause de l'hiver très chaud de 1912-1913. Mais ce qui fait surtout ressembler 1914 aux deux années précédentes, c'est son été trop froid. Quant à la pluie elle est très abondante; et 1914 vient tout de suite après 1910 comme année pluvieuse, dépassant les totaux de 1912 et de beaucoup ceux de 1913.

Il n'y a d'ailleurs rien eu de changé, en 1914, aux stations des fortifications de Saint-Maurice. Elles sont toujours au nombre de quatre : *Lavey-village, Savatan, Dailly* et *l'Aiguille*, les deux du milieu étant seules des stations complètes. Nous renvoyons donc à ce que nous en disions dans les résumés anté-

rieurs et, en ce qui concerne les corrections des instruments, à celui de l'année 1912.

Nous rappelons seulement que, cette année, comme depuis 1903, nous corrigeons toutes les pressions de Dailly de + 1mm,2 afin de les ramener à ce qu'elles auraient été si le baromètre de la station était resté au bureau de tir, là où il se trouvait depuis l'origine des observations, en décembre 1897, jusqu'en mai 1903.

Le service des observations continue à être confié aux sous-officiers des forts. Nous leur adressons ici nos remerciements pour la manière dont ils s'acquittent de leur tâche. Nous sommes heureux aussi de profiter de cette occasion pour exprimer notre reconnaissance à M. le lieutenant-colonel Grosselin, chef du bureau des fortifications, ainsi qu'à Messieurs les officiers placés sous ses ordres, pour la manière dont le service météorologique a marché en 1914. Il n'y a pas eu d'interruption, malgré la concentration de troupes au mois d'août et aux mois suivants.

La forme de la publication des *observations mensuelles* est restée la même que de 1903 à 1913. Elles sont groupées par saisons. La forme du *résumé annuel* a aussi été maintenue, et nous avons partout calculé les résultats et les moyennes pour l'*année civile,* comme pour l'*année météorologique,* quoique le détail des observations de décembre 1914 ne soit pas donné ici.

Les tableaux de ce résumé annuel sont les mêmes que ceux du précédent. Ils portent sur les cinq éléments météorologiques observés aux forts de Saint-Maurice : la *température,* la *pression atmosphérique,* l'*humidité de l'air,* la *nébulosité,* puis la *pluie* et la *neige*. Il s'y ajoute, comme pour les douze dernières années, quelques petits tableaux supplémentaires relatifs au *brouillard,* à la *persistance de la neige sur le sol,* aux *jours d'orage* et aux cas de *fœhn.*

Enfin, nous y avons joint, depuis 1908, un dernier tableau (XX) comprenant les *écarts* des principaux éléments météorologiques par rapport aux moyennes de dix ans (1898-1907), que nous avons publiées précédemment [1].

[1] *Archives,* t. XXVIII, p. 274, septembre 1909.

Les documents sur lesquels sont basés ces vingt tableaux se trouvent, pour la plupart, dans les tableaux mensuels publiés en premier lieu, et il suffira de les accompagner de quelques brèves explications.

II. *Température*

Les *tableaux I* et *II* fournissent, pour les deux stations de Savatan et de Dailly: 1° les valeurs moyennes des températures des différentes périodes (mois, saisons, année) pour les trois époques diurnes d'observation ; 2° les températures moyennes des mêmes périodes, calculées, comme dans les publications du Bureau central météorologique suisse [1], sur deux formules différentes : *a)* en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b)* en attribuant un poids double à l'observation de 9 heures du soir ; ce sont ces dernières moyennes que nous avons employées plus loin ; 3° les valeurs moyennes, pour les mêmes périodes, des températures minima et maxima.

Ce qui distingue 1914 de 1913 c'est que l'hiver, au lieu d'être trop chaud, est un peu trop froid à Savatan et peu au-dessus de la moyenne à Dailly. Celà tient au mois de janvier qui a eu une température vraiment hivernale, ce qui ne s'était pas présenté depuis plusieurs années. Il en résulte que l'*amplitude annuelle,* calculée sur les mois d'août et de janvier, est de près de 21° à Savatan et de près de 18° à Dailly, tandis qu'en 1913 elle n'était, à ces deux stations, que de 14°,6 et de 13°,2. Parmi les autres saisons, seul le printemps est vraiment trop chaud.

Nous avons déjà vu que, au point de vue absolu, janvier a été très froid, c'est aussi le mois relativement le plus froid aux deux stations. Les autres mois d'hiver et les deux premiers mois du printemps sont trop chauds, février surtout ; mais de mai à novembre, il y a une série ininterrompue de mois trop froids.

Comme les deux mois de décembre sont tous deux trop

[1] *Annalen der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt.*

I. TEMPÉRATURE. SAVATAN (679m), 1914.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+2x9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1913	+ 0.09	+ 2.53	+ 1.28	+ 1.30	+ 1.29	- 1.5	+ 3.0
Janv. 1914	- 5.24	- 3.34	- 4.12	- 4.23	- 4.20	- 7.6	- 2.2
Février	+ 2.35	+ 4.72	+ 3.34	+ 3.47	+ 3.44	0.0	+ 6.0
Mars	2.56	6.19	3.60	4.11	3.99	+ 0.4	7.3
Avril	7.55	13.11	10.40	10.35	10.36	5.6	15.2
Mai	7.99	12.10	9.94	10.01	9.99	6.0	14.0
Juin	11.33	16.79	14.19	14.10	14.12	9.4	19.1
Juillet	13.34	17.27	14.99	15.20	15.15	11.1	19.4
Août............	14.35	18.69	16.99	16.67	16.75	11.3	20.7
Septembre...... .	11.21	14.85	13.22	13.09	13.12	9.4	16.5
Octobre	7.22	10.18	8.46	8.62	8.58	5.5	11.1
Novembre	2.60	4.74	3.33	3.55	3.50	0.4	6.1
Décembre	+ 2.70	5.43	4.08	4.07	4.07	+ 0.8	6.2
Hiver	- 1.04	1.19	0.06	0.07	0.07	- 3.1	2.1
Printemps.......	+ 6.02	10.44	7.95	8.14	8.09	+ 3.9	12.1
Eté	13.03	17.59	15.40	15.34	15.35	10.6	19.7
Automne........	7.01	9.93	8.34	8.43	8.41	5.1	11.2
Année météorol. .	6.29	9.83	7.98	8.03	8.02	4.2	11.4
Année civile.....	6.51	10.08	8.22	8.27	8.26	4.4	11.6

II. TEMPÉRATURE. DAILLY (1253m), 1914.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+2x9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1913	- 0.67	+ 2.61	- 0.27	+ 0.56	+ 0.35	- 2.8	+ 4.0
Janv. 1914	- 5.66	- 2.34	- 4.71	- 4.24	- 4.36	- 7.2	- 0.8
Février	+ 1.87	+ 5.17	+ 2.59	+ 3.21	+ 3.06	+ 0.1	+ 6.5
Mars	- 0.11	3.12	1.15	1.40	1.33	- 1.7	4.4
Avril	+ 5.80	10.11	7.18	7.69	7.57	+ 4.1	11.5
Mai	5.51	8.70	6.17	6.79	6.64	3.7	10.2
Juin	9.09	13.09	10.23	10.80	10.66	7.3	14.5
Juillet	10.93	14.33	11.49	12.25	12.06	8.7	15.8
Août	11.92	16.23	12.96	13.70	13.52	10.6	17.6
Septembre	9.24	12.75	9.94	10.64	10.47	7.6	14.4
Octobre	5.22	8.75	5.86	6.61	6.42	+ 4.1	10.4
Novembre.......	0.62	3.47	1.85	1.98	1.95	- 1 2	5.1
Décembre	+ 0.46	2.61	+ 0.95	+ 1.34	+ 1.24	- 1.6	4.4
Hiver...........	- 1 60	1.70	- 0.91	- 0.27	- 0.43	- 3.4	3.1
Printemps	+ 3.71	7.28	+ 4.81	+ 5.27	+ 5.15	+ 2.0	8.7
Eté	10.66	14.57	11.57	12.27	12.09	8.9	16.0
Automne.	5.03	8.33	5.88	6.41	6.28	3.5	10.0
Année météorol. .	4.48	8.00	5.37	5.95	5.80	2.8	9.5
Année civile.....	4.58	8.00	5.48	6.02	5.89	2.9	9.5

chauds et surtout décembre 1914, il n'y a pas une très grande différence dans les températures de l'année météorologique et de l'année civile 1914. Cependant l'année civile est moins froide, à Savatan surtout.

En comparant les températures des deux stations dans le courant de l'année, on trouve, comme toujours, une *décroissance variable avec l'altitude* suivant les saisons et les mois. Elle est donnée dans le petit tableau suivant. La différence de hauteur des thermomètres est de 574 mètres.

Saison.	Décroissance de la température. Absolue.	Pour 100 m.
	°	°
Hiver	0.50	0.07
Printemps	2.94	0.51
Été	3.26	0.57
Automne	2.13	0.37

C'est en hiver, comme toujours, que la décroissance est la moins forte; elle est faible pour les trois mois d'hiver et minimum pour janvier où elle n'est que de 0°,16, soit de 0°,03 pour 100 mètres. La décroissance maximum est, cette année, en juin, où elle est de 3°,46, soit 0°,60 pour 100 mètres.

Les cas d'*inversion de la température* entre les deux stations sont donnés dans le petit tableau suivant. Ils sont relevés sur les tableaux des températures diurnes des différents mois :

Décembre	1913	10 jours	Octobre	1914	2 jours
Janvier	1914	15 »	Novembre	»	6 »
Février	»	9 »	Décembre	»	2 »
Année météorol.		42 jours	Année civile		34 jours

Les cas d'inversion de la température ne se sont présentés qu'en hiver et en automne, avec un maximum en janvier 1914; mais, cette année, de nouveau, le total annuel n'est pas élevé et ne dépasse pas le chiffre moyen.

Les *tableaux III* et *IV* fournissent, pour les deux stations, le classement des jours de chaque mois et de l'année d'après leurs températures moyennes, ces températures étant groupées entre des limites variant de 5 en 5 degrés, de — 10° à + 25°

III. Classement des Températures diurnes. SAVATAN, 1914.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre -10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25	+25° et +30	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
Déc. 1913	1	10	17	3	—	—	—	—	- 5°.6 le 31	+ 6°.9 le 4
Janv. 1914	13	16	2	—	—	—	—	—	- 9.3 le 14	5.0 le 10
Février..	—	6	13	9	—	—	—	—	- 2.5 le 6	9.5 le 22
Mars....	—	1	20	9	1	—	—	—	- 1.4 le 3	11.1 le 9
Avril....	—	—	—	14	13	3	—	—	+ 5.3 le 8	15.5 les 23 et 29
Mai.....	—	—	2	16	9	3	1	—	2.7 le 10	20.1 le 22
Juin.....	—	—	—	3	19	5	3	—	6.5 le 6	21.3 le 30
Juillet...	—	—	—	2	13	14	2	—	9.5 le 26	21.4 le 12
Août....	—	—	—	—	9	16	6	—	11.5 le 6	22.1 les 11 et 13
Sept.....	—	—	—	9	8	13	—	—	5.9 le 21	18.8 les 1 et 4
Octobre..	—	—	2	24	5	—	—	—	+ 4.3 le 31	12.7 le 2
Nov.....	1	4	14	11	—	—	—	—	- 5.5 le 19	9.9 le 3
Déc.....	—	4	13	12	2	—	—	—	- 2.9 le 24	12.7 le 9
An. mét.	15	37	70	100	77	54	12	—	- 9.3 le 14 janvier	22.1 les 11 et 13 août
An. civ..	14	31	66	109	79	54	12	—	id.	id.

IV. Classement des Températures diurnes. DAILLY, 1914.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre -15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
Déc. 1913	—	3	8	17	3	—	—	- 9°.2 le 31	+ 8°.2 le 1
Janv. 1914	3	10	13	5	—	—	—	-12.3 le 14	3.4 le 10
Février..	—	—	6	12	10	—	—	- 1.9 le 26	9.7 le 16
Mars....	—	—	15	10	6	—	—	- 4.4 le 3	8.3 le 14
Avril....	—	—	—	7	15	8	—	+ 1.7 le 8	13.8 le 13
Mai.....	—	—	—	12	13	4	2	0.1 le 10	16.6 le 22
Juin.....	—	—	—	3	9	13	5	3.3 le 6	18.3 le 30
Juillet...	—	—	—	—	8	15	8	6.8 le 27	18.1 le 12
Août....	—	—	—	—	4	16	11	8.5 le 27	20.0 le 12
Sept.. ..	—	—	—	4	7	11	8	1.9 le 21	17.0 le 3
Octobre..	—	—	—	5	26	—	—	+ 1.9 le 31	10.0 le 1
Nov.....	—	3	6	12	9	—	—	- 7.6 le 20	9.4 le 4
Déc......	—	1	11	14	5	—	—	- 5.4 le 24	8.9 le 7
An. mét.	3	16	48	87	110	69	32	-12.3 le 14 janvier	+20.0 le 12 août
An. civ..	3	14	51	84	112	69	32	id.	id.

pour Savatan et de — 15° à + 20° pour Dailly. Ils indiquent en même temps, pour les différents mois et pour l'année, les jours les plus froids et les plus chauds.

Les *tableaux V* et *VI* donnent les *températures extrêmes* observées à Savatan et à Dailly, ainsi que les indications sur les nombres de jours où le minimum ou le maximum sont restés au-dessous de zéro, ce qui fournit les totaux de *jours de gel* et de *jours de non-dégel*. Toutes ces indications ne peuvent être prises sur les tableaux mensuels publiés précédemment, mais elles ont été relevées sur les feuilles des observations originales et sur les feuilles de réduction conservées à l'observatoire de Genève. D'après ces tableaux, l'*amplitude extrême* de la température atteint de nouveau une valeur un peu accentuée: elle est de 40°,4 à Savatan et de 37°,3 à Dailly.

III. *Pression atmosphérique*

Les *tableaux VII* et *VIII* donnent, pour Savatan et pour Dailly, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les mois, les saisons et l'année météorologique et civile. Ces valeurs moyennes sont les moyennes arithmétiques des pressions moyennes des mêmes périodes, prises aux trois époques des observations diurnes. Les colonnes suivantes des tableaux fournissent les différences entre ces moyennes des trois observations diurnes et la moyenne générale de la période.

On ne peut naturellement pas, au moyen de ces trois données, déduire la courbe de la *variation diurne* de la pression atmosphérique, mais on peut cependant constater une différence assez sensible dans l'allure des oscillations diurnes des deux baromètres placés à des altitudes différant de 564^{m},75.

Si l'on suit la *variation annuelle* de la pression atmosphérique par les valeurs des pressions moyennes des mois, on constate trois maxima principaux, en décembre 1913 faisant suite à celui de novembre de cette année-là, en avril et en août-septembre 1914. A Savatan le maximum principal est en septembre; à Dailly, il est en août. Ceci est vrai au point de vue absolu, mais, au point de vue relatif, le maximum est en avril aux

V. TEMPÉRATURES EXTRÊMES. SAVATAN, 1914.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1913....	- 7.4	le 31	+10.8	le 28	21	6
Janvier 1914..	-12.0	le 24	6.8	le 11	31	24
Février	- 5.2	le 6	14.4	le 22	12	—
Mars	- 3.2	le 4	15.8	le 31	19	—
Avril	+ 0.8	le 5	20.6	le 28	—	—
Mai	- 1.0	le 10	25.6	le 22	1	—
Juin.........	+ 3.2	le 6	28.4	le 29	—	—
Juillet	6.2	les 27 et 28	26.0	les 11 et 14	—	—
Août	5.0	le 6	28.2	le 12	—	—
Septembre ...	0.8	le 21	23.2	le 1	—	—
Octobre......	+ 1.8	les 12, 29 et 31	15.3	le 4	—	—
Novembre....	- 9.6	le 20	14.2	le 3	12	1
Décembre. ...	- 5.0	les 24 et 26	16.6	le 9	13	3
Année mét...	-12.0	le 24 janv.	+28.4	le 29 juin	96	31
Année civile..		id.		id.	88	28

VI. TEMPÉRATURES EXTRÊMES. DAILLY, 1914.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1913....	-10.5	le 31	+12.9	le 1	25	8
Janvier 1914..	-13.4	les 14 et 15	8.0	le 26	28	16
Février	- 4.1	le 24	12.2	le 16	11	1
Mars	- 6.8	le 18	14.4	le 9	23	6
Avril.	- 0.8	les 5 et 8	18.4	le 14	4	—
Mai	- 1.9	le 10	21.7	le 22	2	—
Juin.........	+ 0.5	le 9	22.4	le 29	—	—
Juillet	4.5	le 28	22.3	le 1	—	—
Août	+ 3.8	le 28	23.9	le 11	—	—
Septembre ...	- 0.4	le 21	21.5	le 3	1	—
Octobre......	- 0.4	le 31	15.3	les 1 et 2	3	—
Novembre....	-12.0	le 20	12.2	le 4	16	5
Décembre. ...	- 7.0	le 26	13.0	le 7	21	3
Année mét...	-13.4	les 14 et 15 janvier	+23.9	le 11 août	113	36
Année civile..		id.		id.	109	31

deux stations. Ces maxima sont séparés par des périodes de pression moindre. Le minimum principal est, au point de vue absolu, en mars aux deux stations.

D'une façon générale, la pression a été un peu supérieure à

VII. Pression atmosphérique. SAVATAN (671m), 1914.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1913	706.08	+ 0.21	- 0.26	+ 0.05
Janvier 1914..........	705.48	- 0 04	- 0.32	+ 0.36
Février	703.30	- 0.04	- 0.08	+ 0.12
Mars.................	700.58	- 0.28	- 0.28	+ 0.56
Avril	706.02	+ 0.32	- 0.25	- 0.07
Mai..................	704.75	+ 0.07	- 0.22	+ 0.15
Juin	704.07	+ 0.09	- 0.24	+ 0.15
Juillet................	703.76	- 0.01	- 0.27	+ 0.28
Août.................	706.05	+ 0.08	- 0.19	+ 0.11
Septembre............	706.96	- 0.17	- 0.02	+ 0.19
Octobre	703.25	+ 0.09	- 0.14	+ 0.05
Novembre	702.32	- 0.16	- 0.21	+ 0.37
Décembre	701.70	+ 0.26	+ 0.03	- 0.29
Hiver................	705.01	+ 0.05	- 0.22	+ 0.17
Printemps............	703.76	+ 0.04	- 0.25	+ 0.21
Eté....	704.63	+ 0.05	- 0.23.	+ 0.18
Automne.............	704.17	- 0.08	- 0.12	+ 0.20
Année météorologique .	704.39	+ 0.02	- 0.21	+ 0.19
Année civile..........	704.02	+ 0.02	- 0.18	+ 0.16

VIII. Pression atmosphérique. DAILLY (1236m), 1914.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1913........	658.80	+ 0.10	- 0.20	+ 0.10
Janvier 1914..........	656.89	- 0.12	- 0.18	+ 0.30
Février...............	656.49	- 0.02	- 0.12	+ 0.14
Mars	653.92	- 0.22	+ 0.01	+ 0.21
Avril.................	659.59	+ 0.09	- 0.01	- 0.08
Mai..................	658.21	+ 0.01	- 0.07	+ 0.06
Juin	658.57	+ 0.04	- 0.12	+ 0.08
Juillet...............	658.69	- 0.02	- 0.03	+ 0.05
Août.................	661.13	+ 0.04	- 0.16	+ 0.12
Septembre............	661.07	+ 0.01	- 0.01	0.00
Octobre	657.11	+ 0.16	- 0.06	- 0.10
Novembre............	654.64	- 0.06	- 0.09	+ 0.15
Décembre.............	654.45	+ 0.18	+ 0.07	- 0.25
Hiver................	657.42	- 0.01	- 0.17	+ 0.18
Printemps............	657.22	- 0.04	- 0.03	+ 0.07
Eté	659.47	+ 0.02	- 0.10	+ 0.08
Automne.............	657.60	+ 0.04	- 0.05	+ 0.01
Année météorologique.	657.93	0.00	- 0.09	+ 0.09
Année civile..........	657.56	+ 0.01	- 0.06	+ 0.05

la moyenne de 10 ans pour sept mois de l'année météorologique et pour six mois de l'année civile à Savatan ; pour six et cinq à Dailly. Dans l'ensemble la moyenne annuelle est un peu supérieure à celle de dix ans pour l'année météorologique, normale pour l'année civile.

IX. Pressions extrêmes. SAVATAN, 1914.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1913	687.9 le 28	716.1 le 21	28.2
Janvier 1914	692.0 le 17	716.5 le 25	24.5
Février	682.7 le 22	713.8 le 1	31.1
Mars	685.5 le 25	714.6 le 31	29.1
Avril	696.0 le 7	712.6 le 21	16.6
Mai	696.2 le 26	711.2 le 4	15.0
Juin	691.8 le 8	711.6 le 25	19.8
Juillet	697.4 le 20	710.8 le 8	13.4
Août	701.1 le 15	711.9 le 12	10.8
Septembre	697.8 le 19	711.8 le 27	14.0
Octobre	685.0 le 30	712.0 le 4	27.0
Novembre	690.2 le 14	711.7 le 29	21.5
Décembre	686.7 le 14	713.1 le 2	26.4
Année météorologique	682.7 le 22 févr.	716.5 le 25 janv.	33.8
Année civile	id.	id.	33.8

X. Pressions extrêmes. DAILLY, 1914.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1913	641.7 le 29	668.0 le 21	26.3
Janvier 1914	644.0 le 17	667.7 le 25	23.7
Février	636.3 le 22	667.2 le 1	30.9
Mars	641.9 le 20	668.2 le 31	26.3
Avril	650.3 le 8	665.6 le 23	15.3
Mai	651.1 le 26	665.4 le 22	14.3
Juin	647.3 le 8	665.6 le 25	18.3
Juillet	653.1 le 23	664.5 les 8 et 9	11.4
Août	656.5 le 16	666.7 le 11	10.2
Septembre	652.6 le 19	665.6 le 27	13.0
Octobre	640.4 le 30	664.6 les 1 et 3	24.2
Novembre	645.2 le 1	663.4 le 10	18.2
Décembre	641.2 le 14	666.0 le 2	24.8
Année météorologique	636.3 le 22 févr.	668.2 le 31 mars	31.9
Année civile	id.	id.	31.9

Les *tableaux IX* et *X* reproduisent, pour les deux stations, les valeurs extrêmes de la pression atmosphérique, relevées sur les tableaux conservés à l'observatoire de Genève. Le minimum absolu du 22 février 1914 est bas, mais n'atteint cependant pas celui du 2 février 1912. Les maxima absolus ne présentent rien d'exceptionnel et sont analogues à ceux des années précédentes.

IV. *Humidité de l'air*

Les *tableaux XI* et *XII* fournissent, pour Savatan et pour Dailly et pour les treize mois, les saisons et l'année : d'abord les valeurs moyennes de la fraction de saturation aux heures des trois observations diurnes, puis la valeur de la *fraction de saturation moyenne,* enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Une dernière colonne fournit, par symétrie avec les tableaux analogues des résumés pour Genève et le Grand Saint-Bernard, la *fréquence relative de la saturation.*

La fraction de saturation à Savatan a une valeur un peu plus forte que celles de 1912 et de 1913. A Dailly elle est sensiblement plus faible qu'en 1912 ; mais, ainsi que nous l'avons déjà indiqué à propos de l'année 1913, il se présente durant la saison froide, hiver et automne, des périodes où l'hygromètre de Dailly indique des chiffres invraisemblablement bas, tandis qu'à d'autres moments les indications sont parfaitement normales et que le chiffre de 100 % se présente parfois. Comme il nous a été impossible jusqu'ici d'aller vérifier sur place ce qui en est, les chiffres de la fraction de saturation pour Dailly en 1914 ne sont pas à prendre en considération sérieuse plus que pour 1913.

A Savatan le mois le plus sec a été celui d'avril et le plus humide celui d'octobre. Les cas de grande sécheresse y sont rares, tandis qu'ils sont fréquents — trop fréquents probablement — à Dailly. Quant aux cas de saturation complète de l'air, il y en a un peu plus qu'en 1912 et qu'en 1913 à Savatan et plus qu'en 1913 à Dailly.

XI. Fraction de saturation en $^0/_0$. SAVATAN (679[m]), 1914.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyen•	Minim. absolu	Maxim. absolu	Fréquence relative de la saturation
Déc. 1913..	71	65	72	69	32	100 12 fois	0.129
Janv. 1914.	77	74	79	77	42	100 11 »	0.118
Février....	66	69	68	68	25	100 4 »	0.048
Mars......	80	66	76	74	22	100 21 »	0.226
Avril	68	54	58	60	27	100 7 »	0.078
Mai.......	86	69	73	76	31	100 22 »	0.237
Juin	81	58	60	66	34	100 8 »	0.089
Juillet	78	66	71	72	42	100 10 »	0.108
Août	85	72	76	78	40	100 16 »	0.172
Septembre.	85	69	72	75	45	100 8 »	0.089
Octobre ...	86	78	82	82	29	100 17 »	0.183
Novembre .	76	67	71	71	25	100 16 »	0.178
Décembre .	63	53	59	58	22	100 5 »	0.054
Hiver.	72	69	73	71	25	100 27 fois	0.100
Printemps.	78	63	69	70	22	100 50 »	0.181
Eté.......	81	65	69	72	34	100 34 »	0.123
Automne..	82	71	75	76	25	100 41 »	0.150
Année mét.	78	67	72	72	22	100 152 fois	0.139
Année civ.	78	66	71	71	22	100 145 »	0.132

XII. Fraction de saturation en $^0/_0$. DAILLY (1253[m]), 1914.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyen•	Minim. absolu	Maxim. absolu	Fréquence relative de la saturation
Déc. 1913..	49	39	48	46	0	100 7 fois	0.075
Janv. 1914.	58	49	55	54	2	100 9 »	0.097
Février....	38	35	43	39	0	100 11 »	0.131
Mars......	68	56	62	62	3	100 16 »	0.172
Avril	40	32	36	36	9	100 2 »	0.022
Mai	71	59	64	65	19	100 16 »	0.172
Juin......	60	43	48	50	17	100 6 »	0.067
Juillet	52	45	53	50	18	100 1	0.011
Août	63	51	57	57	17	100 14	0.151
Septembre.	65	46	54	55	16	100 3 »	0.033
Octobre ...	66	48	60	58	10	100 17 »	0.183
Novembre .	55	44	48	49	2	100 15 »	0.167
Décembre .	43	33	37	38	2	100 7 »	0.075
Hiver.	49	41	49	46	0	100 27 fois	0.100
Printemps.	60	49	54	54	3	100 34 »	0.123
Eté.......	59	47	53	53	17	100 21 »	0.076
Automne..	62	46	54	54	2	100 35 »	0.128
Année mét.	57	46	53	52	0	100 117 fois	0.107
Année civ.	57	45	52	51	0	100 117 »	0.107

V. *Nébulosité*

Dans le *tableau XIII,* la *nébulosité,* aux trois stations où elle est observée, est indiquée de deux manières différentes : 1° par les nombres de jours *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts,* ces désignations correspondant aux valeurs moyennes de la nébulosité diurne comprises entre les limites : 0,0 et 2,5, 2,5 et 5,0, 5,0 et 7,5, 7,5 et 10,0 ; 2° par la valeur moyenne de la nébulosité de chaque période, ces valeurs moyennes étant d'ailleurs déduites des valeurs de la nébulosité des différents jours, fournies par les tableaux mensuels.

La nébulosité est, cette année, un peu trop forte aux trois stations, surtout aux deux stations supérieures. Seul le mois d'avril présente un écart négatif un peu sensible au tableau XX.

La saison la plus claire a été, comme c'est le cas ordinaire, l'hiver à Savatan et à Dailly ; mais à Lavey-village c'est l'été. Le mois le plus clair a été partout avril au point de vue relatif, mais au point de vue absolu c'est août aux deux stations inférieures et janvier à Dailly. Le mois le plus nébuleux a été le pluvieux mois de mars aux trois stations, au double point de vue absolu et relatif.

Le *tableau XIV* donne la statistique des *jours de brouillard* aux quatre stations. Les nombres qui y figurent comprennent les jours où le brouillard a été noté pendant une partie de la journée ou pendant tout le jour. Ce dernier cas n'a d'ailleurs été observé, cette année, qu'une fois à Lavey et trois fois à Dailly et à l'Aiguille.

Si l'on compare les quatre saisons entre elles, on trouve que le nombre de jours de brouillard est très faible à Lavey au fond de la vallée et à Savatan, puis augmente avec la hauteur. Le maximum se constate naturellement à l'Aiguille. Cette année, il y a de nouveau peu de cas de brouillard, sensiblement moins que durant l'année 1912 qui a aussi été très pluvieuse, et un peu plus qu'en 1913.

XIII. Nébulosité, 1914.

Période	LAVEY					SAVATAN					DAILLY				
	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuageux	Jours très nuageux	Jours couverts	Nebulosité moyenne
Déc. 1913 ..	9	8	6	8	4.8	9	7	5	10	5.0	11	6	6	8	4.7
Janv. 1914..	12	6	1	12	4.7	12	7	3	9	4.5	15	4	3	9	4.0
Février	4	8	6	10	5.9	9	5	6	8	5.1	10	4	5	9	5.1
Mars	3	5	7	16	7.2	3	4	9	15	7.2	4	3	7	17	7.3
Avril	11	7	1	11	4.8	9	10	4	7	4.7	12	5	4	9	4.9
Mai........	5	3	8	15	6.7	3	4	7	17	7.2	4	3	5	19	7.3
Juin.	8	6	8	8	4.9	7	4	8	11	5.8	7	7	5	11	5.5
Juillet	11	4	9	7	5.0	6	7	9	9	5.7	6	4	11	10	6.0
Août.......	10	9	6	6	4.2	12	7	7	5	4.2	11	7	5	8	4.6
Septembre..	10	7	4	9	4.5	11	5	8	6	4.5	12	5	3	10	4.5
Octobre	7	2	7	15	6.3	5	5	8	13	6.2	5	10	6	10	5.8
Novembre. .	8	4	7	11	5.5	8	5	5	12	5.6	7	5	3	15	5.8
Décembre ..	5	7	10	9	5.9	9	9	4	9	4.9	4	7	7	13	6.4
Hiver......	25	22	13	30	5.1	30	19	14	27	4.9	36	14	14	26	4.6
Printemps .	19	15	16	42	6.2	15	18	20	39	6.4	20	11	16	45	6.5
Eté........	29	19	23	21	4.7	25	18	24	25	5.2	24	18	21	29	5.3
Automne...	25	13	18	35	5.5	24	15	21	31	5.5	24	20	12	35	5.4
Année mét..	98	69	70	128	5.4	94	70	79	122	5.5	101	63	63	135	5.5
Année civ. .	94	68	74	129	5.5	94	72	78	121	5.5	97	64	64	140	5.6

XIV. Nombre de jours de brouillard en 1914.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1913	0	0	2	8
Janvier 1914............	0	0	5	6
Février	5	1	1	1
Mars	0	0	2	6
Avril..................	0	2	1	1
Mai	0	1	9	9
Juin...................	0	0	1	1
Juillet	0	0	1	1
Août	0	0	3	3
Septembre	0	0	2	1
Octobre................	0	0	3	2
Novembre..............	0	0	2	2
Décembre..............	0	0	0	0
Année météorologique...	5	4	32	41
Année civile............	5	4	30	33

VI. *Pluie et neige*

Le *tableau XV* contient le relevé de tout ce qui concerne les précipitations atmosphériques dans leur ensemble, hauteur d'eau tombée et nombre de jours de précipitations, d'après les chiffres des tableaux mensuels.

1913 avait été à peu près normale, comme hauteur de pluie, d'après la moyenne de dix ans. Elle suivait une année pluvieuse, 1912, qui suivait elle-même une année plutôt sèche, 1911. 1914 est de nouveau très pluvieuse, quoique moins que 1910 qui détient, à St-Maurice comme à Genève, le record de l'humidité. Mais depuis qu'il se fait des observations de la pluie aux forts de St-Maurice, 1914 est la plus humide après 1910.

Comme cela doit être à la montagne, la quantité de la pluie croît régulièrement avec la hauteur, avec minimum à Lavey et maximum à l'Aiguille. Ce dernier maximum relatif ne se constate pas toutes les années. Pendant longtemps le pluviomètre de l'Aiguille était placé dans un point trop exposé et ne recueillait pas autant d'eau qu'il aurait dû, et le maximum de pluie s'observait à Dailly. C'est de là que résulte le très gros écart positif du total de l'Aiguille au tableau XX.

XV. Précipitations atmosphériques dans l'année 1914.

Période	Hauteur d'eau tombée en mm. Lavey mm	Savatan mm	Dailly mm	Aiguille mm	Nombre de jours de précipitations Lavey (430m)	Savatan (671m)	Dailly (1250m)	Aiguille (1446m)
Déc. 1913 ...	56.8	61.2	73.0	75.2	11	11	12	12
Janv. 1914 ..	82.0	86.6	88.8	94.6	8	9	12	12
Février	29.5	23.9	26.6	29.0	7	3	5	5
Mars	180.5	166.6	172.8	183.3	23	21	23	23
Avril	71.0	74.3	71.8	74.1	9	8	11	11
Mai.........	145.8	142.3	183.6	188.7	18	21	22	22
Juin	70.5	78.7	86.4	83.5	14	15	16	16
Juillet	173.4	185.9	211.6	211.8	17	16	20	20
Août.......	178.2	184.0	209.4	212.0	13	13	15	15
Septembre...	66.4	81.3	73.0	72.0	11	8	14	14
Octobre	69.3	83.1	94.8	95.1	10	12	14	14
Novembre...	73.8	74.0	76.5	79.1	10	10	10	10
Décembre ...	69.8	61.8	68.4	70.4	12	12	17	17
Hiver.......	168.3	171.7	188.4	198.8	26	23	29	29
Printemps ..	397.3	383.2	428.2	446.1	50	50	56	56
Eté...... ...	422 1	448.6	507.4	507.3	44	44	51	51
Automne....	209.5	238.4	244.3	246.2	31	30	38	38
Année mét. .	1197.2	1241.9	1368.3	1398.4	151	147	174	174
Année civile.	1210.2	1242.5	1363.7	1393.6	152	148	179	179

Le mois le plus sec, absolument parlant, est celui de février. Mais au point de vue relatif, avril est presque aussi sec. Les mois les plus humides sont: mars, juillet et août; les deux derniers au point de vue absolu et mars au point de vue relatif.

Pour le *nombre de jours de pluie,* on trouve, comme toujours, une augmentation à mesure que l'on monte. Si l'on néglige, pour les quatre stations de Saint-Maurice, comme pour Genève et le Grand Saint-Bernard, les jours où il est tombé moins d'un millimètre d'eau, on trouve, pour les jours de pluie bien caractérisée, les chiffres suivants qui dénotent une fréquence augmentant d'une façon générale avec l'altitude, et qui sont semblables à ceux de 1912 et de 1913.

Station Altitude	Genève (406m)	Lavey (430m)	Savatan (671m)	Dailly (1250m)	Aiguille (1446m)	St-Bernard (2476m)
Année météorol.	112	136	124	135	139	151
Année civile	123	136	125	138	142	157

Le *tableau XVI* donne les totaux des hauteurs de neige mesurées aux quatre stations, ainsi que les nombres de jours de neige. Comme il est naturel, la quantité de neige croît

régulièrement avec la hauteur ; il y en a eu un peu plus qu'en 1911-1912, et surtout plus qu'en 1912-1913. En 1914 la neige a fait sa dernière apparition en janvier à Lavey, en mai à Savatan et aux deux stations supérieures. Elle a déjà reparu en septembre aux deux stations supérieures et seulement en décembre à Lavey et à Savatan.

XVI. Neige dans l'année 1914.

Période	Hauteur de neige en centimètres				Nombre de jours de neige			
	Lavey cm.	Savatan cm.	Dailly cm.	Aiguille cm.	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1913	4	17	79	102	3	5	10	10
Janvier 1914	37	57	40	79	6	7	7	9
Février	—	10	21	32	—	2	4	5
Mars	—	10	113	157	—	4	17	19
Avril	—	—	5	8	—	—	3	3
Mai	—	3	37	41	—	1	2	3
....	....	....	....	....	....	....	....	....
Septembre	—	—	2	4	—	—	1	1
Octobre	—	—	9	20	—	—	3	3
Novembre	—	—	34	39	—	—	7	8
Décembre	1	5	21	25	1	1	8	11
Hiver	41	84	140	213	9	14	21	24
Printemps	—	13	155	206	—	5	22	25
Eté	—	—	—	—	—	—	—	—
Automne	—	—	45	63	—	—	11	12
Année mét.........	41	97	340	482	9	19	54	61
Année civile........	38	85	282	405	7	15	52	62

XVII. Nombre de jours où la neige a persisté sur le sol en 1914.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1913	6	6	15	23
Janvier 1914	30	30	31	31
Février	—	2	11	18
Mars	—	4	25	28
Avril	—	—	3	5
Mai	—	—	5	5
....	....	....	....	....
Septembre	—	—	1	1
Octobre....	—	—	2	2
Novembre..............	—	—	13	17
Décembre..............	—	—	21	21
Année météorologique ..	36	42	106	130
Année civile...........	30	36	112	128

Enfin si l'on fait le relevé du temps pendant lequel la neige a séjourné sur le sol, on trouve les chiffres contenus dans le *tableau XVII.* L'hiver 1913-1914 n'a été froid qu'en janvier et la neige n'a persisté qu'un peu plus d'un mois de suite sur le sol aux forts de Saint-Maurice.

Le nombre des *jours d'orage* observés aux forts est donné dans le petit *tableau XVIII;* il comprend ceux qui ont été notés à l'une ou à l'autre des quatre stations. Il y en a de nouveau peu, l'été n'ayant pas été chaud, un de plus qu'en 1912 et un de moins qu'en 1913.

XVIII. Jours d'orage en 1914.

Février	1
Mars	1
Avril	—
Mai	2
Juin	2
Juillet	4
Août	1
Année (météorologique et civile)	11

Les observations du *fœhn* ont continué en 1914 aux quatre stations. Les indications des observateurs correspondent à des coups de vent violents venant du sud et accompagnés d'une hausse de la température et d'une diminution de la valeur de la fraction de saturation. Nous les avons classés par mois et par stations, et les chiffres sont donnés au *tableau XIX.*

XIX. Nombre de jours de fœhn en 1914.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1913	1	1	1	1
Janvier 1914	—	—	—	—
Février	2	2	1	1
Mars	1	1	1	—
....	....	....	....	....
Novembre	1	1	—	—
Décembre	2	2	—	—
Année météorologique	5	5	3	2
» civile	6	6	2	1

XX. Ecarts de 1914 par rapport aux moyennes de 10 ans (1898-1907).

Période	Température		Pression atmosphérique		Nébulosité			Précipitations							
								Hauteur d'eau tombée				Nombre de jours			
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	°	°	mm	mm				mm	mm	mm	mm				
Décembre 1913..	+ 1.06	+ 0.84	+ 2.00	+ 2.17	- 0.3	0.0	+ 0.2	- 1.9	+ 2.8	+ 9.2	+ 20.2	+ 1	+ 2	+ 1	+ 1
Janvier 1914....	- 4.23	- 3.92	- 1 45	- 2.30	- 0.3	- 0.1	- 0.3	+ 20.7	+ 27.0	+ 24.1	+ 39.3	- 1	- 1	0	0
Février ...	+ 2.83	+ 4.39	+ 1.13	+ 1.85	+ 0 7	+ 0.1	+ 0.1	- 36.3	- 42.1	- 39.9	- 21.8	- 3	- 8	- 7	- 7
Mars	+ 0.35	+ 0.67	- 1.25	- 0.91	+ 1.8	+ 2.0	+ 2.2	+105.7	+ 96.7	+ 94.6	+119.6	+11	+ 9	+ 9	+10
Avril	+ 2.59	+ 3.32	+ 4.39	+ 4.30	- 1.3	- 1.0	- 1.0	- 24.3	- 19.8	- 39.7	- 10 3	- 6	- 7	- 6	- 6
Mai	- 1.54	- 1.39	+ 2.08	+ 1.34	+ 1.3	+ 1.9	+ 1.8	+ 71.4	+ 66.5	+ 98.6	+116 5	+ 3	+ 7	+ 6	+ 7
Juin	- 1.28	- 1 17	+ 0.23	- 0.35	- 0 2	+ 0.7	+ 0.5	- 13.7	- 6.5	- 11 3	- 4.1	+ 1	+ 2	+ 1	+ 1
Juillet	- 2.77	- 2 39	- 1.70	- 1.72	+ 0.7	+ 1.6	+ 1.9	+ 79.5	+ 89.6	+102.9	+113.2	+ 4	+ 3	+ 5	+ 6
Août	- 0.70	- 0.83	+ 0.24	+ 0.44	+ 0.1	+ 0.5	+ 0.9	+ 65.8	+ 69.5	+ 84 6	+ 97 1	0	+ 1	+ 2	+ 2
Septembre......	- 1.23	- 0 96	+ 1.47	+ 1.15	- 0.3	+ 0.1	- 0.1	- 1.8	+ 11.0	- 11.9	- 6.9	0	- 3	+ 2	+ 2
Octobre ,.......	- 0.80	- 0.65	- 0.55	- 0.37	+ 0.8	+ 0.8	+ 0.6	- 11.4	- 0.1	+ 3.3	+ 17.2	- 2	- 1	- 1	- 1
Novembre... ..	- 0.79	- 0.85	- 1.32	- 2.10	0.0	+ 0.2	+ 1.0	+ 21.7	+ 21.6	+ 21.0	+ 38.7	- 1	0	- 1	0
Décembre......	+ 3.84	+ 1 73	- 2.38	- 2.18	+ 0.8	- 0.1	+ 1.9	+ 11.1	+ 3.4	+ 4.6	+ 15.4	+ 2	+ 3	+ 6	+ 6
Hiver..	- 0.21	+ 0 31	+ 0.55	+ 0.53	—	—	—	- 17.5	- 12.3	- 6.6	+ 37.7	- 3	- 7	- 6	- 6
Printemps... ..	+ 0.44	+ 0 84	+ 1.71	+ 1 56	—	—	—	+152.8	+143.4	+153.5	+225.8	+ 8	+ 9	+ 9	+11
Eté	- 1.59	- 1 47	- 0.43	- 0.55	—	—	—	+131.6	+152.6	+176.2	+206.2	+ 5	+ 6	+ 8	+ 9
Automne	- 0 93	- 0.82	- 0.14	- 0.44	—	—	—	+ 8 5	+ 32.5	+ 12.4	+ 49.0	- 3	- 4	0	+ 1
Année météorol.	- 0.58	- 0.29	+ 0.12	+ 0.28	+ 0.3	+ 0.6	+ 0.7	+275 4	+316 2	+335.5	+518.7	+ 7	+ 4	+11	+15
Année civile....	- 0.34	- 0.21	+ 0.09	- 0.07	+ 0.4	+ 0 6	+ 0.8	+281.7	+309.6	+320 2	+504.9	+ 7	+ 4	+15	+20

Les nombres du tableau XIX sont très inférieurs à ceux des trois années antérieures. Le maximum de fréquence, si l'on peut en parler cette année, est en hiver.

VII. *Écarts*

Le *tableau XX* contient le relevé des écarts entre les chiffres des tableaux I, II, VII, VIII, XIII et XV et ceux des tableaux I, III, V, VI et VII des « moyennes de dix ans pour les éléments météorologiques observés aux fortifications de Saint-Maurice[1] ». Ces écarts ont été déterminés pour la température et la pression atmosphérique à Savatan et à Dailly, pour la nébulosité aux trois stations inférieures et pour les précipitations atmosphériques aux quatre stations.

Ce tableau donne donc, en chiffres et plus en détail, quelques unes des indications qui sont fournies dans le texte des paragraphes précédents. Nous rappelons que les moyennes auxquelles nous avons rapporté les observations de 1914, comme celle de 1908 à 1913, ne sont que des moyennes de *dix années*, les écarts que nous donnons n'ont donc qu'une valeur relative et sont loin d'avoir une signification absolue.

[1] *Archives*, t. XXVIII, p. 274, septembre 1909.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 3 juin 1915

A. Pictet et T. Q. Chou. Formation de bases pyridiques et isoquinoliques à partir de la caséine. — A. Brun. Action de la vapeur d'eau sur la lave. — S. Reich. Acide m-azoxy-phénylpropiolique. — E. Moles et E. Jimeno. Solubilité du sélénium dans le sulfure de carbone.

M. le prof. A. Pictet rappelle l'hypothèse qu'il a émise il y a quelques années au sujet de la *genèse des alcaloïdes* dans les plantes. Selon cette hypothèse, les alcaloïdes seraient les produits de la désagrégation des matières protéiques, modifiés par leur condensation ultérieure avec d'autres composés existant dans les tissus végétaux et en première ligne avec l'aldéhyde formique. On expliquerait ainsi le passage du noyau *pyrrolique*, qui se trouve dans les albumines, au noyau *pyridique*, qui caractérise un grand nombre d'alcaloïdes.

Afin de vérifier expérimentalement cette hypothèse, M. Pictet a, en collaboration avec M. T. Q. Chou, hydrolysé une certaine quantité de *caséine* par l'acide chlorhydrique, et fait tomber goutte à goutte du *méthylal* dans le mélange pendant toute la durée de l'opération. On sait que le méthylal est décomposé par les acides minéraux en alcool méthylique et aldéhyde formique. L'hydrolyse de la caséine s'effectuait donc en présence d'une source permanente d'aldéhyde formique, c'est-à-dire dans les mêmes conditions que dans la plante.

Le produit de la réaction est très complexe; il aurait fallu beaucoup de temps et de travail pour l'étudier complètement. Les auteurs ont été au plus pressé, qui était d'y déceler la présence de composés à noyaux pyridiques. Pour cela, ils ont évaporé le liquide à siccité et, après l'avoir mélangé à de la chaux vive, ils l'ont soumis à la distillation. Ce traitement élimine les carboxyles, et peut-être certaines chaînes latérales, mais il laisse intacts les noyaux.

Le distillat forme les 9 °/₀ de la caséine employée. Il est presque entièrement basique et renferme des bases primaires, secondaires

et tertiaires. Ces dernières présentant seules de l'intérêt dans le cas particulier, furent débarassées des autres par un traitement au nitrite de soude, puis fractionnées. Des différentes fractions, les auteurs ont pu retirer et caractériser les bases suivantes :

1. Pyridine (en faible quantité).

2. 2-6-Diméthylpyridine (formule I).

3. Une base C_7H_9N, différente des neuf éthyl- ou diméthylpyridines isomériques, qui sont toutes connues. Cette base décolore à froid le permanganate ; elle pourrait être une vinyl-dihydro-pyridine (II) ou une quinuclidéine (III). La question aurait pu être tranchée par une simple réduction, mais la faible quantité de substance obtenue n'était pas suffisante pour cette opération. La stabilité de la base, ainsi que les points de fusion très élevés de ses sels, parlent cependant en faveur de la formule III.

4. Isoquinoline (plus de 50 % du mélange).

5. 4-Méthylisoquinoline (formule IV).

6. Une base $C_{11}H_{11}N$ (diméthylisoquinoline ?).

7. Une base $C_{12}H_{13}N$.

H_3C—, —CH_3, N — I

$CH{=}CH_2$, C, HC, CH_2, HC, CH_2, N — II

H, C, HC, CH_2, CH, HC, CH_2, CH, N — III

CH_3, N — IV

Chose curieuse, il n'a pas été possible d'isoler du mélange basique la moindre trace de quinoline ou de méthylquinoline.

Il va de soi qu'un essai identique au précédent a été fait sans addition de méthylal ; il n'a fourni aucune des bases précédentes.

M. A. Brun a fait agir la vapeur d'eau à haute température sur la *lave*. Ces recherches le conduisent à admettre l'absence de la vapeur d'eau dans les exhalaisons volcaniques.

En traitant par la potasse les acides m-nitro-α-bromo-cinnamique et m-nitrophényl-$\alpha\beta$-dibromopropionique, M. S. Reich a obtenu un corps de la formule $C_{15}H_{10}N_2O_5$, qui doit être considéré comme l'*acide m-azoxy-phénylpropiolique*.

O, —N=N—, $C{\equiv}C{-}COOH$, $C{\equiv}C{-}COOH$

Il se transforme, en effet, en m-azoxy-phénylacétylène par élimination des carboxyles, et en acide m-azoxy-benzoïque par oxydation.

Ce nouvel acide fixe 8 atomes de brome et se dissout dans l'acide sulfurique concentré avec une coloration rouge foncé.

M. E. Moles a déterminé, avec M. E. Jimeno, la *courbe de solubilité du sélénium dans le sulfure de carbone* entre 0° et 44° (point d'ébullition du sulfure de carbone à 710 mm.). Le sélénium rouge amorphe, obtenu par précipitation de sa solution sulfurique ou par réduction d'une solution d'acide sélénieux sublimé, a été lavé à l'alcool et à l'éther et séché dans le vide. Le sulfure de carbone, séché sur du chlorure de calcium, a été traité par l'oxyde de plomb et par le mercure, puis distillé. La solubilité du sélénium a été déterminée en prenant des poids connus de la solution et en chassant ensuite le dissolvant par distillation ou par évaporation à la température ordinaire. Le poids du résidu n'a pas changé après chauffage à 110° pendant trois heures.

On remarque que la solubilité du sélénium change suivant le temps écoulé depuis sa préparation, et aussi par l'action de la lumière. Les tableaux suivants montrent ces deux effets :

Temps	Se %	Temps	Se %
1 heure	0.0573 gr.	120 heures	0.0484 gr.
2.5 »	0 0705 »	192 »	0.0431 »
6 »	0.0750 »	720 »	0.0249 »
24 »	0.0475 »	1436 »	0.0190 »
72 »	0.0482 »		

Les données des 12 premières heures représentent vraisemblablement l'équilibre entre le sélénium amorphe et le dissolvant. La solubilité diminue ensuite, puis reste stationnaire jusqu'au huitième jour, pour diminuer de nouveau plus tard. Or, on sait déjà que le sélénium amorphe, mis en contact avec le sulfure de carbone, se transforme en sélénium cristallisé et ce phénomène peut expliquer en partie les changements de la solubilité.

Sous l'action de l'arc électrique, la solubilité se comporte comme suit :

Temps	Temp.	Se %	Temp.	Se %	Temp.	Se %
1 heure	11°	0.0190	8-9°		3-4°	
2 »	»	0.0328	»	0.0258	»	0.0232
3 »	»	0.0496	»	0.0454	»	0.0382

L'effet de la lumière est rendu visible par le tableau suivant :

	Temps	Temp.	Se %
Solution obtenue dans l'obscurité	3.5 heures	3°	0.00191 gr.
» »	3 »	12°	0.00247 »
» »	72 »	12°	0.00662 »
La même solution exposée à l'arc électrique	1.5 »	3-4°	0.0232 »
La même solution exposée à l'arc électrique	3-4 »	3-4°	0.0382 »
La même solution exposée à la lumière du soleil	48 »	9°	0.0251 »

La solubilité dans le sulfure de carbone bouillant est

à 43.5° 0.1460 gr.
à 44.0° 0.1586 gr.

Si on laisse refroidir cette solution à 25°, de jolis cristaux de sélénium rouge vif se séparent. On trouve alors comme solubilité :

après 24 heures 0.0566 gr.
après 144 heures 0.0580 gr.

La même solution, refroidie à 0°, donne

après 20 heures 0.0184 gr.

La solution saturée à 25° et refroidie à 0°, donne

après 24 heures 0.0174 gr.

La solubilité est donc plus grande lorsque le sélénium est à l'état cristallisé rouge vif que quand il se trouve à l'état cristallisé, mais brun rougeâtre, qui provient de l'action du dissolvant sur le sélénium amorphe à la température ordinaire et à la lumière diffuse.

Il faudrait donc admettre l'existence de plusieurs variétés de sélénium rouge cristallisé de solubilités différentes, variétés qui devraient leur origine à l'action du dissolvant ou de la lumière et qui seraient identiques aux deux modifications monocliniques étudiées par Muthmann. A. P.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

F. Kehrmann, E. Havas et E. Grandmougin. — Constitution et couleur des matières colorantes aziniques, azoxiniques et thiaziniques. — Sur les colorants dérivés de la quinone-imide (*Ber. d. D. chem. Ges.*, t. 47 (1914), p. 1881 à 1903; Lausanne, Lab. de chimie org. de l'Université et Mulhouse, Lab. de chimie org. de l'Ecole de chimie).

Nous signalons, sans pouvoir le résumer à cette place, le mémoire dans lequel sont examinés les spectres d'absorption des diverses séries des sels des colorants indiqués ci-dessus, et les résultats discutés au point de vue de la constitution de ces matières colorantes. Un grand nombre de dérivés diaminés des azines, des thioazines, etc., ont été pris en considération dans ces recherches.

E. Bamberger. — Au sujet des combinaisons m-quinoïdiques (*Ber. d. D. chem. Ges.*, t. 48 (1915), p. 1354 à 1357; Zurich, Labor. de chimie analytique du Polytechnicum).

La formule quinoïdique des *diazo-oxydes* que l'on représente actuellement par le symbole des *quinone-diazides :*

N ‖ N =O ou =N=N =O

ne permet de prévoir des diazo-oxydes que dans les séries ortho et para, étant donné que le « métaquinoïde » (hexacyclique) n'est pas susceptible d'existence. Les recherches de l'auteur en vue d'obtenir des m- diazo-oxydes en partant des m- aminophénols et en opérant dans des conditions variées, ont en effet conduit à des résultats négatifs. C'est ainsi que la diazotation du *tribromo-2-4-6-amino-3-phénol* malgré la diversité des conditions, n'a pas fourni de diazo-oxyde et que celle du *dinitro-4-6-amino-3-phénol* a donné à la place d'un diazo un nouvel *éther monoéthylique de la dinitro-4-6-résorcine*, f. à 122-122°.5, le groupe NH^2 ayant été remplacé dans cette réaction par le groupe OC^2H^5.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1915

Mars

30. Alvarez (Hector Hugo). Electroréduction du permanganate de potassium en solution par le courant alternatif. *Thèse.* Genève (Dr Wenger).

31. Baragiola (W. J.) und Schuppli (O.). Die Bindungsformen des Schwefels im Weine und ihre Bestimmung. Wädenswil. Schweiz. Versuchs-Anstalt. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **29.** 193.

32. Briner (E.). Sur le mécanisme de l'action chimique des décharges électriques. Le rôle de l'ionisation. Genève. Lab. de ch. technique et théorique. — *J. ch. phys.* **13.** 18.

33. Bulyghin (Lydia). Neues Verfahren zur Bestimmung geringer Arsenmengen. Neuchâtel. Univ. — *Bul. Soc. de Stiinte Bucuresti* **23.** 195.

34. Diserens (Louis). Etude des dérivés de phénazthionium. *Thèse.* Lausanne (Prof. Kehrmann).

35. Herzfeld (E.). Beiträge zur Chemie der proteolytischen Fermente. Zürich. Chem. Lab. der med. Univ.-Klinik. — *Biochem. Zeitschr.* **68.** 402.

36. Kehrmann (F.) und Diserens (Louis). Zur Kenntnis der Phenazthionium-Salze. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **48.** 318.

37. Lifschitz (J.). Synthese der Pentazol-Verbindungen. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **48.** 410.

38. Lunge (G.). Technical Gas Analysis (New-York) Zürich.

39. Meyer (Leo G.). Ueber Luftverunreinigung durch Kohlenoxyd, mit besonderer Berücksichtigung einiger weniger bekannter Quellen derselben. Zürich. Hygien. Lab. der techn. Hochschule. — *Arch. Hyg.* **84.** 79.

40. Oganessian (Artachès). Recherches sur quelques dérivés 2-6-dinitrobenzyliques. *Thèse.* Genève (Dr Reich).

41. Piccard (Jean). Rapports entre la constitution et la couleur des matières organiques. Lausanne. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* **50.** 311.

42. Pritzker. (J.). Ein neuer einfacher Apparat zur Katalasebestimmung in der Milch. Frauenfeld. — *Molkerei-Zeitung* **25.** 81.

43. Reutter (Louis). Analyse d'une pommade romaine. Genève. — *J. suisse de pharm.* **53.** 130.

44. Skossarewsky (M.). Sur la dissociation électrolytique de l'acétylène et de ses dérivés métalliques. Genève. Lab. de ch. théor. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **13.** 3.

45. Tschirch (A.). Die Membran als Sitz chemischer Arbeit. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **53.** 159.

46. Tschirch (A.). La membrane, siège de travail chimique. Berne. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* **50.** 297.

47. Verda (Antonio). Nuove reazioni della Crocina. Lugano. — *Boll. della Soc. Ticinese di Sc. naturali* **9.** 53.

Avril

48. Arragon (Ch.). Analyse chimique des épices. Lausanne. Lab. cant. et Lab. d'analyse des denrées de l'Univ. — *J. suisse de pharm.* **53.** 220.

49. Bach (A.). Schneller Nachweis und quantitative Bestimmung geringer Esterasemengen. Genf. Privatlab. — *Fermentforschung* **1.** 151.

50. Bamberger (Eug.). Weiteres über Anthranil und Methylanthranil. Zürich. Anal.-Chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Berichte* **48.** 537.

51. Baumgartner (Ewald). Zur Kenntnis der Bildungsformen elementarer Stoffe. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

52. Begemann (Otto H. K.). Beiträge zur Kenntnis pflanzlicher Oxydationsfermente. Bern. Inst. für physikal.-chem. Biologie der Univ. — *Pflüger's Archiv* **161.** 45.

53. Chodat (R.) et Schweizer (K.). Nouvelles recherches sur les ferments oxydants. Genève. Inst. botanique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **39.** 327.

54. Ephraim (Fritz). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Ueber den Einfluss der Stellung des Neutralteils im Molekül auf seine Haftfestigkeit. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **48.** 624.

55. Ephraim (Fritz) und Bolle (Edouard). Ammoniakate des Zinks. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **48.** 638.

56. Ephraim (Fritz) und Hochuli (Ernst). Beständigkeitsgrenzen komplexer Anionen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **48.** 629.

57. Fellenberg (Th. von). Die Milchzucker- und Rohrzuckerbestimmung in Milchschokolade. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **6.** 45.

58. Hinden (F.). Anreichungsmethode zur Bestimmung der Phosphorsäure in phosphorsäurearmen Kalksteinen. Basel. Chem. Lab. des geolog. Inst. der Univ. — *Zeitschr. anal. Ch.* **54.** 214.

59. Kreis (Hans). Beitrag zur Honiguntersuchung nach der Präzipitin-Methode. Basel. Lab. des Kantons-Chemikers Basel-Stadt. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **6.** 53.

60. Reverdin (Frédéric). Nitration de la diméthyl-m-phénétidine. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **17.** 190.

61. Spindler (O. v.). Welches ist der wirksame Bestandteil der Schwefelbäder? Zürich. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **53.** 217.

62. Tunmann (O.). Ueber das Hesperidin und die Krystalle in Hyssopus officinalis. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Pharm. Zentralhalle* **56.** 135.

63. Verda (A.). Analyse et appréciation du vin vermouth. Lugano. Lab. cantonal. — *J. suisse de pharm.* **53.** 248. 260.

64. Wenger (G.). Das Einstellen der Kesselmilch auf einen bestimmten Fettgehalt. Molkereischule Rütti-Zollikofen. — *Milchwirtschaftl. Zentralblatt* **44.** 113.

Mai

65. Barladean (A. G.). Ueber den Begriff der Empfindlichkeit einer chemischen Reaktion. Genf. Botan. Inst. der Univ. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **53.** 257. 273.

66. Berner (Hugo). Synthese des 7-p-Dioxyflavanons. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).

67. Cardoso (Ettore). Détermination expérimentale des éléments critiques de l'oxygène, de l'azote, de l'oxyde de carbone et du méthane. Genève. Inst. de physique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **39.** 400.

68. Cardoso (Ettore). Densités des phases coexistantes du méthane et de l'oxyde de carbone. Genève. Inst. de physique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **39.** 403.

69. Frey (Albert). Untersuchungen über die Kolloidisierung des Thordioxyds. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

70. Frey (Hans R.). Ueber Phenolausscheidungen im normalen und im pathologischen Harn. *Dissert.* Zürich (Dr Herzfeld).

71. Häussler (E. P.). Die chemische Zusammensetzung der Würzelchen der Kakaobohnen. Freiburg. — *Archiv der Pharm.* **253.** 109.

72. Hagenbach (Aug.). Ueber die Rotationsdispersion homologer Reihen. Basel. Physikal. Anstalt. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **89.** 570.

73. Herzfeld (E.) und Klinger (R.). Quantitative Untersuchungen über den Indol- und Tryptophanumsatz der Bakterien. Zürich. Lab. der med. Klinik der Univ. — *Zentralblatt Bakter.* **76.** 1.

74. Pictet (Amé) et Bouvier (Maurice). Sur les hydrocarbures saturés du goudron du vide. Genève. — *Comptes rendus* **160.** 629.

75. Pictet (Amé) und Bouvier (Maurice). Ueber die gesättigten Kohlenwasserstoffe des Vakuumteers. Genf. Organ.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **48.** 926.

76. Pritzker (J.). Die Berechnung des Invertzuckergehaltes im Weine aus dem gewogenen Kupferoxydul resp. Kupfer. Frauenfeld. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **6.** 62 und *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **53.** 286.

77. Reverdin (Frédéric). Nitration de la diéthyl-m-phénétidine. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **17.** 278.

78. Steck (Hans). Ueber den Ort der Eiweisssynthese und die Erzielung des minimalen Stickstoffgleichgewichtes mit Eiweisskörpern verschiedener Zersetzlichkeit. *Dissert.* Bern.

79. Tschirch (A.) und Schlowsky (H.). Studien über die Macis. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **253.** 102.

80. Tunmann (O). Der mikrochemische Nachweis des Baptisins in Baptisia tinctoria. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **30.** 272.

81. Tupizina (Wera). Untersuchungen über die optische Aktivität von Kobaltverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

82. Woker (G.). Sur l'identité des ferments oxydants. Berne.— *Archives des Sc. phys. et nat.* **39.** 405.

Juin

83. Bach (A). La peroxydase existe-t-elle dans la levure de bière? Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **39.** 497.

84. Baur (Emil), Sichling (K.) und Schenker (E.). Ueber das Problem des Diamanten. Zürich. Inst. für physikal. Ch. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **92.** 313.

85. Besson (A. A.) Zur Untersuchung der Bodenwichse. Basel. — *Chem.-Zeitung* **39.** 455.

86. Fellenberg (Th. von). Säurebestimmung in Mehl. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **6.** 145.

87. Friedblatt (François Xavier). Recherches spectroscopiques sur l'absorption et la fluorescence de quelques dérivés benzéniques. *Thèse.* Fribourg (Prof. de Kowalski).

88. Germann (Albert F. O.). The density of oxygen. Geneva. Lab. of theor. and techn. Ch. of the Univ. — *J. of physical Chem.* **19.** 437.

89. Gugi (Constantin). Sur la variation de la composition chimique des nappes d'infiltration du canton de Genève. *Thèse.* Genève (Prof. Duparc).

90. Jahnsen (Adolf). Ueber die Ammoniakate einiger Schwermetallchlorate, -bromate und -jodate und ihre Beständigkeit. *Dissert.* Bern (Prof. Ephraim).

91. Karpf (Léocadie). Komplexe Eisenverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

92. Perelzveich (Victor). Untersuchungen über den Einfluss organischer Neutralsalze auf Eiweiss und Lecithin. *Dissert.* Zürich (Prof. Höber).

93. Pfeiffer (P.). Reaktionsunterschiede stereoisomerer Aethylenhalogenide. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **48.** 1048.

94. Pfeiffer (P.) und Wittka (Fr.). Ueber das Aussalzen der Aminosäuren und die Trennung von Aminosäuren mit Hilfe von Neutralsalzen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **48.** 1041.

95. Treadwell (F. P.) und Mayr (C.). Eine neue Methode zur jodometrischen Bestimmung der Rhodan-und Schwefelwasserstoffsäure. Zürich. Anal. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **92.** 127.

96. Tschirch (A.) und Jong (Cornelis de). Weitere Untersuchungen über den Bernstein (Succinit). Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **253.** 290.

97. Waser (Ernst). Ueber die Veränderungen der Blut-und Hirn-Zusammensetzung bei chronischem Gebrauch von Schlafmitteln. Zürich. Pharmakol. Inst. der Univ. — *Zeitschrift physiol. Ch.* **94.** 191.

Juillet

98. Bach (A.). Kommt Peroxydase in Hefen vor? Genf. Privatlab. — *Fermentforschung* **1.** 197.

99. Becker (Henryk). Ueber die Addition von Benzilsäure an aromatische Senföle. *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

100. Burri (R.) und Thaysen (A. C.). Vergleichende Versuche über pasteurisierte und biorisierte Milch. Bern-Liebefeld. Schweiz. milchwirtschaftl. Anstalt. — *Schweiz. Milch-Zeitung* **41.** nos 55. 57. 58. 59 und *Schweiz. Zentralblatt Milchwirtschaft* **4.** 196. 203. 212.

101. Fichter (Fr.) und Schonlau (Rudolf). Ueber m-Nitro-rhodan-benzol und verwandte Verbindungen. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **48.** 1150.

102. Kasarnowsky (Isaak). Die Stellung des Tellurs und Selens in der Volta'schen Spannungsreihe. *Dissert.* Zürich (Dr Reichinstein).

103. Koifman (Ide). Sur l'analyse de quelques platines de l'Oural et sur la méthode analytique pour la séparation des métaux du minerai de la mine de platine. Genève. Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **40.** 22.

104. Kreis (H.). Vorschrift zur Wiedergewinnung des Amylalkohols bei acidbutyrometrischen Bestimmungen. Basel. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **53.** 402.

105. Kreis (Hans) und Baragiola (W. I.). Zum Nachweis geringer Mengen von Oxalsäure im Wein. Basel. Lab. des Kantonschemikers und Wädenswil, Chem. Abt. der Versuchsanstalt. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **53.** 397.

106. Lehrfeld (Leopold L.). Zur Kenntnis der optisch-aktiven Triäthylendiaminkobaltisalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

107. Moraczewski (W. von). Ueber den Indolgehalt der Verdauungsprodukte von Fibrin und Casein. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik. — *Biochem. Zeitschr.* **70.** 37.

108. Pfeiffer (Paul). Die Kristalle als Molekülverbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **92.** 376.

109. Pfeiffer (P.) und Wittka (Fr.). Neutralsalz-Verbindungen der Aminosäuren und Polypeptide. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **48.** 1289.

110. Pritzker (J.). Zur Praxis der Zuckerbestimmung nach Allihn. Frauenfeld. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **53.** 409 und *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **29.** 437.

111. Reverdin (Frédéric). Nitration de la diméthyl-p-phénétidine. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **40.** 15.

112. Senglet (René). Recherches sur quelques carbures métalliques. *Thèse.* Genève (Dr Briner).

113. Woker (Gertrud). Die Katalyse. Die Rolle der Katalyse in der analytischen Chemie (Stuttgart) Bern.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux concernant la Géologie de la Suisse

1913

a) Bibliographies, Biographies, Rapports

1. E. Gogarten et W. Hauswirth. Bibliographie géologique de la Suisse pour les années 1900-1910. *Mat. carte géol. de la Suisse*, nouv. sér. XL. Livr., 1913, 412 pp.
2. U. Grubenmann und E. Letsch. Bericht der geotechnischen Kommission für das Jahr 1912-13. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresversamm., 1913, t. I, p. 99.
3. Alb. Heim und A. Aeppli. Bericht der geologischen Kommission für das Jahr 1912-13. *Ibid.*, t. I. p. 93-98.
4. L. Rollier. Lettres d'Armand Gressly, géologue jurassien (1814-1865). Volume in-8° de 440 pages. Imprimerie du *Petit Jurassien*, Moutier 1911.
5. Ch. Sarasin. Revue géologique suisse pour l'année 1912. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIII, p. 5-168.

b) Minéralogie et Pétrographie

6. E. Bächler. Neue seltene Funde von Flusspath aus dem Säntisgebirge und dem St. Gallischen Rheintal. *Jahrb. der St. Gall. naturf. Gesell.*, t. LIII, 1913, p. 72-111.
7. H. Baumhauer. Ueber die Entwickelung der Krystalflächen im Anschluss an neue Beobachtungen am Binnit. *Zeitschrift für Krystal. Min. u. Petrogr.*, t. LII, H. 6, p. 580-591.
8. H. Baumhauer. Ueber die goniometrischen Verhältnisse, Aetzerscheinungen und Symmetrie des Natrioliths. *Zentralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, Jahrg. 1913. H. 10, p. 304-313.
9. A. Brun. Sur la déshydratation des micas. *Arch. des Sc. phys. et nat.* t. XXXV, p. 510-512.
10. R. de Girard. Les gîtes d'hydrocarbures de la Suisse occidentale. *Mém. Soc. fribourg. des Sc. nat.*, t. VIII, fas. 1 (géographie et géologie), p. 1-88.

11. U. GRUBENMANN. Ueber die Entwickelung der neueren Gesteinslehre. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresversam., 1913, t. II, p. 17-28.

12. U. GRUBENMANN. Zur Klassifikation der metamorphen Gesteine. *Fortschritte der Miner., Krystal. und Petrogr.*, t. III, 1913, p. 228-244.

13. U. GRUBENMANN. Gesteinsstruktur und Gesteinstextur. *Handwörterbuch der Naturwissenschaften*, t. IV, p. 1064-1071. Verlag. von G. Fischer, Jena.

14. E. HUGI. Das Wesen der Krystalle. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern*, Jahrg. 1913, t. XXI-XXII.

15. W.-J. LEWIS. On an Ilmenite from the Lengenbach. *Mineral. Soc. of London*. C. R. séance du 12 nov. 1912.

16. M. MUSY. La Néphrite du Val Faller (Oberhalbstein). *Bull. Soc. fribourg. des Sc. nat.*, t. XXI, p. 48-49.

17. P. NIGGLI. Ueber Gesteinsserien metamorpher Gesteine. *Mineral. petrogr. Mitteil.*, 1912, p. 477-494.

18. H. PREISWERK. Die metamorphen Triasgesteine im Simplontunnel. *Verh. der naturf. Gesell. Basel*, t. XXIV, p. 1-32.

19. F. RANFALDI. Sulla Titanite di Val Giuf e minerali che l'accompagnano. *Mem. R. Acad. dei Lincei* (5). t. IX, fasc. 11, p. 438-455.

20. H. SCHARDT. Die Injektionsgneise und die tektonische Bedeutung der Aplitinjektion. *Verhandl. der schweiz. naturf. Gesell.* 96. Jahresvers., 1913, t. II, p. 193-196. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 675-677.

21. Chr. TARNUZZER. Diopsidfels im Serpentin unter dem Stallerbergpass (Oberhalbstein). *Jahresber. der naturf. Gesell. Graubünden*, t. LIV, 1912-1913, p. 25-29.

22. F. ZYNDEL. Quarzzwilling nach dem Zinnwalder Gesetze von Crapteig (Via Mala) Graubünden. *Ibid.*, t. LIV, 1912-1913, p. 30-33.

c) GÉOPHYSIQUE

23. P. ARBENZ. Ueber Karrenbildungen. *Neujahrsblatt der naturf. Gesell. Zürich*, 1913, 16 pp. 5 pl.

24. E. BAUMANN. Die Kalkablagerungen im Untersee-Bodensee. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.* 96. Jahresversam., 1913, t. II, p. 207-210.

25. E. BÜHRER. Sur les tremblements de terre locaux dans la plaine du Rhône. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.* C. R. séance du 4 déc. 1912. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXXV, p. 196.

26. L. Collot. L'inondation du tunnel de Frasne-Vallorbe. *C. R. des séances de l'Acad. de Dijon,* 8 janvier 1913, 4 pp.

27. J. Engeli. Die Quellen des Kantons Thurgau. *Mitteil. der thurg. naturf. Gesell.*, t. XX, 1913, p. 3-120.

28. B. G. Escher. Ueber die Entstehung des Reliefs auf den sogenannten Rillensteinen. *Geolog. Rundschau,* t. IV, H. 1, p. 1-7.

29. F.-A. Forel. Les Lacs. *Bibliographie nationale suisse*, fass. 4, 3_a (publié par H. Walser et L.-W. Collet). 71 pp. in-8, 1913.

30. J. Früh. Bericht der Erdbebenkommission für das Jahr 1912-1913. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.,* 96. Jahresversam., 1913, t. I, p. 103-106.

31. E. Gagnebin. Les sources boueuses de la plaine de Bière. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.,* t. XLIX, C. R. séance du 21 juin 1913. *Arch. des Sc. phys. et nat.,* t. XXXVI, p. 575-576.

32. Alb. Heim. Bericht der Gletscherkommission für das Jahr 1912-1913. *Verhandl. der schweiz. naturf. Gesell.,* 96. Jahresversam., 1913, t. I, p. 111-113.

33. L. Horwitz. Sur une particularité de l'écoulement du Rhin alpin. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XLIX, nº 178, p. 23-57.

34. L. Horwitz. A propos de l'écoulement des eaux en Europe. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, C. R. séance du 17 décembre 1913.

35. L. Horwitz. Contribution à la connaissance de l'écoulement en Europe. *C. R. Soc. des Sc. de Varsovie*, t. VI, 1913, p. 666-719 (texte français et polonais).

36. M. Lugeon et E. Jérémine. La carte des bassins fermés des Alpes suisses. *Bull. des Labor. de Géologie, Géogr. phys. et Paléont. de l'Univ. de Lausanne*, nº 19, 1913, p. 1-22 avec 1 carte au 1 : 250,000.

37. P. Morin. Sur le rôle géologique des glaciers. *Echos des Alpes,* 1913, nº 10, p. 389-426.

38. E. Muret et P.-L. Mercanton. Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. 33me rapport, 1912. *Ann. du Club Alpin suisse,* 48me année, 1913, p. 206-224.

39. G. Nussberger und H. His. Neue Analysen bündnerischer Mineralquellen. *Jahresber. der naturf. Gesell. Graubündens*, t. LIV, 1912-1913, p. 46-66.

40. S. de Perrot. Données hydrologiques dans le canton de Neuchâtel de 1908 à 1913. *Bull. Soc. neuchât. des Sc. nat.*, t. XL, p. 240-242.

41. A. DE QUERVAIN. Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1911. *Ann. der schweiz. meteorol. Zentralanstalt*, 1911, 8 pp., 1 pl.

42. A. DE QUERVAIN. Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1912. *Ibid.*, 1912, 12 pp. 1 pl.

43. A. DE QUERVAIN. Ueber die Tätigkeit der schweizerischen Erdbebenwarte bei Zürich. *Verhandl. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresversam., 1913, t. II, p. 170-171.

44. Ch. RABOT et P.-L. MERCANTON. Les variations périodiques des glaciers, 18me rapport, 1912. *Ann. de Glaciologie*, t. VIII, p. 42-62.

45. Ch. RABOT et P.-L. MERCANTON. Supplément au 17me rapport sur les variations périodiques des glaciers, 1911. *Ibid.*, t. VII, p. 191-202.

46. N. REICHLIN. Recherches de tectonique expérimentale. Les propriétés métriques du pli simple. *Thèse Université de Fribourg (Suisse)*, 1913, 58 pp., 5 pl.

47. G. RÜETSCHI. Das Erdbeben vom 16. November 1911 am Untersee und die Schollenbewegung des Seerückens und des Schienerberges. *Jahrber. und Mitteil. des oberrhein. geolog. Vereins*. N. F. t. III, 1913, H. 1, p. 113-143, 3 pl.

48. G. RÜETSCHI. Seïmische Erscheinungen vom 16. November 1911 am Untersee und dessen Umgebung. *Verhandl. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresversam., 1913, t. II, p. 162-166.

49. G. RÜETSCHI. Ueber Wirkungen und Begleiterscheinungen des Erdbebens vom 16 November 1911 im Untersee und in der Bodenseegegend. *Le Globe, org. de la Soc. de Géographie de Genève*, C. R. du XVIIme congrès des Soc. suisses de Géographie, Ann. 1913, p. 61-71.

50. W. VON SEIDLITZ. Erdbeben und Gebirgsbau in Südwestdeutschland. *Geolog. Rundschau*, 1913, t. IV, p. 262-273.

51. Dr. TANNER. Der Huttwiler- oder Steineggersee. *Mitteil. der thurg. naturf. Gesell.*, t. XX, p. 169-226.

52. Chr. TARNUZZER. Die bisherige Erdbebenforschung in der Schweiz und ihre Resultate für Graubünden. *Jahresber. der naturf. Gesell., Graubündens*, t. LIV, 1913, p. 1-24.

53. F. ZSCHOKKE. Bericht der hydrologischen Kommission für das Jahr 1912-1913. *Verhandl. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresvers., 1913, t. I. p. 107-110.

d) Tectonique. Descriptions régionales

Jura et Plateau molassique

54. A. Buxtorf. Die mutmasslichen geologischen Profile des neuen Hauenstein- und des Grenchenberg-Tunnels im schweizer Jura. *Verhandl. der naturf. Gesell. Basel,* t. XXIV, p. 228-258, avec 2 pl. de profils.

55. H. Gerth. Flache Ueberschiebung oder Absenkung auf der Südflanke der Weissensteinkette bei Günsberg? *Zeitschrift der deutschen geol. Gesell.,* Monatsberichte 1913, p. 47-52.

56. E. Joukowsky et J. Favre. Monographie géologique et paléontologique du Salève. *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève,* t. XXXVII, fasc. 4, p. 295-523, avec 2 cartes au 1 : 25,000 et 27 pl.

57. G.-L. Kemmerling. Geologische Beschreibung der Ketten von Vellerat und Moutier. *Dissertation Univer. Freiburg. i. Br.,* 42 pp., 33 fig.

58. Fr. Mühlberg. Ueberschiebungen in der Passwangkette. *Verhandl. der schweiz. naturf. Gesell.,* 96. Jahresversam., 1913, t. II, p. 196-199. *Eclogæ geol. Helv.,* t. XII, p. 678-680.

59. Fr. Mühlberg und P. Niggli. Geologische Karte des Gebietes Roggen-Born-Boowald. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz.* Spezialkarte N° 67, 1913.

60. Fr. Mülhberg und P. Niggli. Erläuterungen zur geologischen Karte des Gebietes Roggen-Born-Boowald. *Erläut. zur geol. Karte der Schweiz,* N° 13, 1913, 65 pp.

61. P. Niggli. Erläuterungen zur geologischen Karte von Zofingen. *Erläut. zur geol. Karte der Schweiz,* N° 12, 1913, 61 pp.

62. W. Oertel. Stratigraphie und Tektonik der Gegend von St. Brais und Saulcy. *Neues Jahrb. für Min. Geol. u. Pal.* Beilageband XXXVI, H. 1, p. 42-81.

63. G. Roessinger. Au Gournigel. *Rameau de Sapin,* 1913, n° du 1er juillet et du 1er septembre, p. 30-31 et 34-35.

64. G. Roessinger. Les portes de la Ville (Chaux-de-Fonds). *23me rapport et programme de l'Ecole sup. du Commerce de La Chaux-de-Fonds.* Année 1912-1913, p. 38-41.

65. F. Schalch. Ueber das Resultat der im Jahre 1913 ausgeführten Salzbohrungen bei Siblingen, Kanton Schaffhausen. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.,* 96. Jahresversam., 1913, t. II, p. 199-200. *Eclogæ geol. Helv.,* t. XII, p. 680-682.

66. P. Schlee. Zur Morphologie des Berner Jura. *Mitteil. der geogr. Gesell. in Hamburg*, t. XXVII, p. 79-118.

67. A. Troesch. Geologische Probleme des Grenchenbergtunnels. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern,* Jahrg. 1913.

Alpes

68. P. Arbenz. Die Faltenbogen der Zentral- und Ost-Schweiz. *Vierteljahresschrift der naturf. Gesell. Zürich,* t. LVIII, 1913, p. 15-34.

69. P. Arbenz. Bericht über die Exkursion der schweizerischen geologischen Gesellschaft in die Obwaldner Alpen. *Eclogæ geol. Helv.,* t. XII, p. 689-719.

70. A. Chaix. Géologie des Brasses (Haute-Savoie). *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 501-601 avec une carte au 1 : 20,000 et 4 pl. de profils.

71. H.-P. Cornelius. Geologische Beobachtungen im Gebiete des Fornogletschers (Engadin). *Zentralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, 1913, H. 8., p. 246-252.

72. B.-G. Escher. Vorläufige Mitteilung über die Geologie und Petrographie der San Salvatore-Halbinsel bei Lugano. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 722-735.

73. B.-G. Escher. Vroegere en tegenwoordige opvattingen omtrent de geologie van het porphyrgebied van Lugano. *Handel. van het 14e Nederlandsch Natuur en Geneeskundig Congres,* Maart 1913, 8 pp.

74. W. Freudenberg. Der Trias-Gneiss-Kontakt am Ostrande des Albulamassives. Ein Beitrag zur Altersfrage der alpinen Zentralmassive und Massengesteine. *Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.* Beilageband XXXVI, p. 282-331.

75. Ed. Gerber. Geologisches von Spiez und Umgebung. *Mitteil. naturf. Gesell. Bern*, 1913, p. 187-191.

76. W. Hauswirth. Geologie der Gebirge südlich von Muottatal, Kaiserstock and Wasserberg. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 601-661, avec une carte au 1 : 50,000 et 3 pl.

77. E. Helgers. Einige Bemerkungen zur Tektonik der Berner Alpen. *Geol. Rundschau*, t. IV, H. 1, p. 7-14.

78. Fr. W. Hermann. Recherches géologiques dans la partie septentrionale des Alpes pennines. Volume in-8 de 113 p. avec carte géol. au 1 : 50,000 et 2 pl. tectoniques. *A. Rey,* éditeur, *Lyon*, 1913.

79. L. Horwitz. Quelques résultats d'un levé géologique dans les Alpes fribourgeoises. *C. R. Soc. des Sc. de Varsovie*, t. VI, 1913, p. 388-403 (texte polonais et français).

80. L. Kober. Ueber Bau und Entstehung der Ostalpen. *Mitteil. der geol. Gesell. Wien*, t. V, 1912, p. 368-480.

81. R. Lachmann. Ueber den Bau alpiner Gebirge. *Zeitschrift der deutschen geol. Gesell.*, t. LXV, Monatsberichte p. 157-173.

82. R. Lepsius Ueber das Verhältnis der Decken zur Metamorphose der Gesteine in den Alpen. *Notizblatt des Vereins für Erdkunde Darmstadt,* 1912, H. 33, p. 5-16.

83. M. Lugeon. L'origine des Alpes vaudoises. *Echos des Alpes*, 50[me] année. 1914, n° 2, p. 45-78.

84. M. Lugeon et E. Jérémine. Sur la présence de bandes calcaires dans la partie suisse du massif des Aiguilles Rouges. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. XLIX, C. R., séance du 21 mai 1913. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXXVI, p. 479-481. Voir aussi *C. R. Acad. des Sc. Paris,* séance du 13 mai 1913, t. CLVI, p. 1473.

85. H. Mylius. Entgegnung an A. Tornquist. *Zentralblatt für Min. Geol. u. Pal.* 1913, H. 8, p. 252-260.

86. L. Rollier. Les Montagnes fossiles. *C. R. du Congrès de Poligny de l'Assoc. franc-comtoise des Soc. sav.*, août 1913, *Mém. de la Soc. d'émulation du Jura,* 1913, 6 pp.

77. R. Schider. Geologie der Schrattenfluh. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F., t. XLIII, 30 pp., 1 carte au 1 : 25,000, 1 pl. de profils.

88. W. von Seidlitz. Führer zu geologischen Exkursionen in Graubünden und in den Tauern. II, Raeticon. Max Weg, Herausgeber, Leipzig, 1913, 10 pp. in-8.

89. A. Spitz und G. Dyhrenfurth. Ducan-Gruppe und die rhätischen Bogen. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 476-498.

90. A. Spitz und G. Dyhrenfurth. Die Triaszonen am Berninapass und im östlichen Puschlav. *Verh. der K. K. geol. Reichsanstalt Wien,* 1913, n° 16, p. 403-415.

91. G. Steinmann. Die Bedeutung der jüngeren Granite in den Alpen. *Hauptversammlung der geol. Vereine zu Frankfurt a. M.*, 4. Januar 1913. Voir aussi *Geol. Rundschau*, t. IV, p. 220-224.

92. D. Trümpy. Zur Tektonik der unteren ostalpinen Decken Graubündens. *Vierteljahresschrift naturf. Gesell. Zürich*, Jahrg. 1913, p. 1-9.

93. J. Weber. Geologische Wanderungen durch die Schweiz. II, Kalk- und Schieferalpen. Herausgegeben vom *Schweiz. Alpenklub.* Rascher & C°, Zürich, 1913. Vol. in-8 de 377 p.

94. O. Wilckens. Zur Benennung der alpinen Ueberschiebungsdecken. *Zentralblatt für Min. Geol. u. Pal.*, 1913, p. 435-438.

95. F. Zyndel. Kurze Mitteilung über die Bündnerschiefer-Region des Schams und Avers. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 498-500.

e) Stratigraphie et Paléontologie

Trias

96. Alph. Jeannet. Monographie géologique des Tours d'Aï. 1re partie : Stratigraphie de la nappe rhétique du Trias et Lias des Préalpes médianes et de la zone interne. *Mat. carte géol. de la Suisse,* N. Sér., t. XXXV, 466 pp., 35 fig., 7 pl.

97. F. Leuthardt. Ueber die Keuperflora von der Moderhalde bei Pratteln. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresvers., 1913, t. II, p. 187-189. *Eclogæ geol. Helv.,* t. XII. p, 669-670.

Jurassique

98. P. Arbenz. Ueber den vermeintlichen Lias von Innertkirchen. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresvers., 1913. t. II, p. 191-193, *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 673-675.

99. P. Arbenz. Ueber ein Konglomerat aus dem Callovien der Urirotstockgruppe. *Ibid.*, 1913, t. II, p. 189-191. *Ibid.*, t. XII, p. 671-673.

100. Fr. Favre. Sur les Oppelia du Jurassique moyen. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXXV, p. 83-85.

101. L. Rollier. Parallélisme des facies du Dogger entre la province anglo-française et la province souabe. *Mém. de la Soc. d'émulation du Jura,* 1913, 5 pp., 1 pl.

102. L. Rollier. Fossiles nouveaux ou peu connus des terrains secondaires du Jura et des contrées avoisinantes. 3me partie. *Mém. Soc. paléont. suisse*, t. XXXIX, 1913, 164 pp., 8 pl.

103. L. Rollier. Sur quelques ammonoïdes et leur dimorphisme sexuel. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXXV, p. 263-288.

104. K. Strübin. Ueber jurassische und tertiäre Bohrmuscheln im Basler Jura. *Verh. der naturf. Gesell. Basel*, t. XXIV, p. 32-45.

Crétacique

105. Arn. Heim. Monographie der Churfisten-Mattstock-Gruppe. 2. Teil : Stratigraphie der mittleren Kreide. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz,* N. F., Lief. XX, p. 273-368, pl. 17-24.

106. Ch. Jacob. L'Aptien supérieur des Alpes calcaires suisses. *Bull. Soc. géol. de France,* 4me série, t. XIII, p. 117-123.

Tertiaire

107. A. Buxtorf. Zur Kenntnis der Eocänbildungen von Kerns-Sachseln. *Verh. der schweiz. naturf Gesell.*, 96. Jahresversam., 1913, t. II, p. 202-203. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 683-685.

108. Ed. Gerber. Jensberg und Brüttelen, zwei Ausgangspunkte für die Molasse-Stratigraphie des bernischen Mittellandes. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 451-475.

109. M. Musy. Un poisson fossile de la Molasse marine fribourgeoise. *Bull. Soc. fribourg. des Sc. nat.*, t. XXI, 1913, p. 36.

110. J.-H. Schaay. Bemerkungen über bitumenführende Molasse in der Westschweiz. *Zeitschrift für praktische Geol.*, t. XX, 1912, H. 11/12, p. 488-490.

111. W. Schmidle. Die Untersuchungen der Molasse am nordwestlichen Bodensee. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresvers., 1913, t. II, p. 204-206. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 685-688.

112. B. Streit. Braunkohlen aus dem Worblental. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern*, Jahrg. 1913, p. XI-XII.

Quaternaire

113. E. Bärtschy. Das westschweizerische Mittelland. Vesuch einer morphologischen Darstellung. *N. Denkschriften der schweiz. naturf. Gesell.*, t. XLVII, p. 153-309.

114. J. Bayer. Chronologie des temps quaternaires. *C. R. de la XIVme session du Congrès intern. d'Anthropologie et d'Archéologie. Genève,* 1912, t. I, p. 145-164.

115. P. Beck und Ed. Gerber. Bericht der Kommission für Erhaltung erratischer Blöcke. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern*, Jahrg. 1913, p. 101-104.

116. H. Breuil. Les subdivisions du Paléolithique supérieur et leur signification. *C. R. de la XIVme session du Congrès intern. d'Anthropologie et d'Archéologie, Genève,* 1912, t. I, p. 165-238.

117. Congrès international d'anthropologie et d'archéologie. Voyage archéologique en Suisse. *C. R. de la XIVme session du Congrès internat. d'Anthropologie et d'Archéologie, Genève*, 1912, t. I, p. 124-139.

118. Dr. Eberli. Neue Beobachtungen im Thurgau über mechanische Einwirkungen des Gletschers auf die Unterlage. *Mitteil. der Thurgau. naturf. Gesell.*, t. XX, p. 293-294.

119. Alb. Heim. Ueber den rückläufigen Deckenschotter. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 96. Jahresvers., 1913, t. II, p. 200-202. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XII, p. 682-683.

120. H. Hess. Die präglaziale Alpenoberfläche. *Peterm. geogr. Mitteil.*, 1913, p. 281-288.

121. E. Kelhofer. Gliederung des Deckgebirges der Umgebung von Schaffhausen. *Beilage zum Jahresberichte der Kantonsschule Schaffhausen,* 1913, 24 pp., 8 tableaux stratigraphiques.

122. C. Keller. Ueber Haustierfunde von La Tène. *Mitteil. der thurgau. naturf. Gesell.,* t. XX, p. 140-143.

123. H. Lautensach. Die Uebertiefung des Tessingebietes. Morphologische Studie. *Geogr. Abhandl. von A. Penck,* N. F., H. 1, 1912.

124. O. Lehmann. Die Uebertiefung des Tessingebietes. *Zeitschrift für Gletscherkunde*, t. VII, H. 2, p. 128-134.

125. G. Nussberger und H. His. Ueber vermeintliche Asphaltvorkommnisse im Bündnerschiefer. *Jahresber. der naturf. Gesell, Graubündens*, t. LIV. 1912-1913, p. 67-70.

126. H. Philipp. Ueber Osar und deren Bedeutung zu Kames und Rollsteinfeldern. *Zeitschrift der deutschen geol. Gesell.,* t. LXV, 1913, Monatsbericht 12, p. 638-639.

127. J. Piaget. Etude zoogéographique de quelques dépôts coquilliers quaternaires du Seeland et des environs. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern,* Jahrg. 1913, p. 105-187.

128. B. Reber. Quelques séries de gravures préhistoriques. *C. R. de la XIVme session du Congrès intern. d'Anthropologie et d'Archéologie, Genève*, 1912, t. II, p. 63-93.

129. B. Reber. L'âge et la signification des gravures préhistoriques. *Ibid.*, t. II, p. 231-262.

130. F. Sarasin. Les galets coloriés de la grotte de Birseck près Bâle. *Ibid.,* t. I, p. 566-571.

131. H. Walser. Der eiszeitliche Riesentopf bei Althaus im Köniztale. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern*, Jahrg. 1913, p. 252-258.

MESURES DU COURANT ÉLECTRIQUE

PASSANT DE L'ATMOSPHÈRE A LA TERRE

faites chaque jour à Altdorf et à Fribourg, entre 1 h. 30 et 2 h. du soir

NOVEMBRE 1915

Date	Altdorf			Fribourg			Temps
	λ	P. G.	Cour^t	λ	P. G.	Cour^t	
1	394	67	88	580	63	122	Pluvieux à Fribourg.
2	245	57	47	250	156	130	Couvert par parties.
3	208	54	37	143	120 à 230	—	»
4	292	62	60	242	105	84	»
5	244	83	68	180	+250 à -250	—	Pluie à Fribourg.
6	167	59	33	267	96 à 220	—	Nébuleux.
7	295	59	58	263	174	152	Couvert par parties.
8	256	68	58	212	160	113	»
9	185	61	38	126	22	9	Beau Aldf, couv. Frbg.
10	333	64	71	487	220 à 84	—	Neige.
11	238	93	74	320	168	175	Couvert.
12	412	219 à 63	—	405	7	9	Pluie.
13	210	280 à 51	—	326	128	140	Pluie Fbg, beau Altdf.
14	298	63	63	360	116	139	Couvert.
15	—	—	—	201	244	164	» par parties.
16	207	79	55	181	174	105	Assez beau.
17	—	—	—	259	148	128	A la neige à Fribourg.
18	181	70	42	225	166	125	Beau.
19	186	90	56	172	212	121	» Altdf, couv. Fbg.
20	236	75	59	160	193	103	Stratus.
21	242	59	48	160	245	130	Assez beau.
22	126	60	25	94	322	101	Brouillard.
23	164	80	44	62	1330	—	»
24	250	67	56	138	296	80	Stratus.
25	—	180	—	190	103	65	Neige.
26	217	81	59	65	340 à 56	—	A la neige.
27	166	151	84	130	187	81	Beau.
28	134	72	32	—	—	—	Très beau.
29	124	139	57	86	400	115	Couvert.
30	548	82	150	27	25	2	Fœhn Altdf, pluie Fbg.

Abréviations

λ = conductibilité par ions négatifs et positifs en unités électrostatiques $\times 10^6$
P. G. = gradient du potentiel en volts par mètre, réduit sur terrain plat
Courant vertical, en unités électrostatiques $\times 10^8$

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1915

Le 1, pluie de 7 h. à 9 h. du soir.
2, arc-en-ciel à 7 h. 30 du matin.
3, gelée blanche le matin.
4, pluie dans la nuit.
5, pluie de 7 h. à 10 h. du matin, de 3 h. 20 à 10 h. du soir et dans la nuit.
6, brouillard le matin.
8, pluie de 9 h. 45 à 11 h. 30 du matin.
9, pluie dans la nuit.
10, pluie de 7 h. à 9 h. du matin; orage à l'ouest à 2 h. 15, pluie de 2 h. 20 à 3 h. 45 et de 6 h. à 9 h. du soir; très fort vent.
11, petite pluie le matin et dans la nuit.
12, pluie de 7 h. à 10 h. du matin, de 2 h. à 6 h. du soir et dans la nuit.
13, petite pluie le matin et le soir: très fort vent.
14, pluie de 1 h. à 3 h. 30 du soir: pluie et neige dans la nuit; couronne lunaire à 5 h. 30 du soir.
15, couronne et halo lunaire à 5 h. 15 du soir; gelée blanche.
Les 16, 17 et 18, gelée blanche le matin et le soir.
Le 23, brouillard matin et soir.
24, brouillard le matin.
26, neige à 1 h. 40 du soir et dans la nuit.
29, pluie dans la nuit.
30, pluie de 7 h. du matin à 9 h. du soir et dans la nuit.

GENÈVE — NOVEMBRE 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	16.3	16.5	17.8	17.04	− 9.12	16.2	18.7	SSW. 1	NNW. 2	SSW. 2	SSW. 1	11.9	10	9	9	10	0.3	1.6	2
2	17.9	18.0	18.1	17.88	− 8.28	17.4	18.6	W. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	12.8	8	9	2	5	2.2	....	....
3	17.7	16.4	18.1	17.49	− 8.66	16.1	18.8	E. 1	NNE. 1	SSW. 1	NNE. 1	2.3	1	9	2	5	**5.6**	....	....
4	19.8	20.5	22.3	20.42	− 5.74	18.8	22.4	SSW. 1	NNE. 1	NE. 0	NNE. 1	2.1	8	4	10	8	3.3	5.5	6
5	21.7	20.1	20.8	20.92	− 5.24	19.3	22.3	SSW. 1	W. 0	NNE. 1	SSW. 1	2.3	10	10	10	10	0.0	**41.8**	14
6	25.4	27.6	29.7	26.79	+ 0.63	22.2	29.9	SW. 1	N. 1	NNE. 0	NNE. 1	3.1	10	5	10	8	3.4	....	....
7	29.3	27.8	27.0	28.32	+ 2.15	26.1	29.8	SE. 1	NNE. 1	W. 0	NNE. 1	3.1	9	9	2	6	0.4	....	....
8	24.7	23.8	23.4	24.26	− 1.92	23.0	26.1	SW. 1	WSW. 0	NNE. 0	calme	1.6	9	9	10	9	0.0	1.0	2
9	21.7	20.1	17.3	20.26	− 5.93	16.0	23.0	NNW. 1	W. 1	SW. 1	NW. 1	4.8	10	9	10	9	1.0	2.5	4
10	15.4	18.0	19.3	17.35	− 8.85	14.5	19.4	SW. 2	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 2	17.4	10	8	8	8	2.0	14.0	6
11	23.3	24.6	22.8	22.97	− 3.24	19.0	24.7	SSE. 1	SSW. 2	W. 1	SSW. 1	11.5	8	7	9	8	4.2	2.7	4
12	18.6	17.0	13.0	17.01	− 9.22	**9.5**	21.7	SW. 1	NW. 1	NW. 1	SW. 1	8.8	10	10	10	10	0.0	16.0	11
13	11.3	13.1	23.0	**14.82**	**−11.42**	9.6	24.2	SSW. 3	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	**22.2**	9	10	10	10	1.1	1.1	4
14	22.4	20.3	21.2	22.10	− 4.15	20.3	24.6	SSE 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	12.8	9	9	9	9	0.0	4.5	5
15	23.7	25.3	23.8	23.81	− 2.46	21.0	25.4	SSE. 1	SW. 1	NNE 1	SSE. 1	3.4	9	4	9	7	3.3	....	....
16	22.3	23.2	27.8	24.20	− 2.09	22.1	29.7	NE. 1	NNW. 1	S. 1	NE. 1	1.6	8	2	0	4	5.5	....	....
17	31.4	31.0	31.1	31.08	+ 1.77	29.7	32.1	SW. 1	W. 1	WNW. 1	SSW. 1	2.1	9	1	9	5	4.3	....	....
18	30.3	29.1	30.5	30.06	+ 3.72	28.9	30.9	SSW. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	3.4	4	3	9	5	5.0	....	....
19	31.7	31.4	32.5	31.79	+ 5.43	30.7	33.0	E. 1	NNE. 1	SSW. 1	NE. 1	2.7	9	8	3	7	1.2	....	....
20	35.1	37.1	38.8	36.34	+ 9.95	33.0	39.9	NNE. 2	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	7.1	10	9	3	8	1.9	....	....
21	38.8	37.7	37.5	**38.22**	**+11.81**	37.0	**39.1**	SE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7.7	10	9	10	9	0.3	....	....
22	35.1	33.2	31.8	33.92	+ 7.48	31.3	37.0	E. 1	NNE. 1	NE. 1	NE. 1	5.9	10	10	10	10	0.0	....	....
23	30.3	29.4	30.0	30.14	+ 3.67	29.2	31.3	SSE. 1	SE. 1	W. 0	SSE. 1	3.4	10	10	10	10	0.0	....	....
24	30.5	30.5	30.5	30.46	+ 3.96	30.0	31.2	NE. 0	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	9.6	10	8	2	8	0.2	0.2	....
25	29.2	26.7	27.0	28.13	+ 1.60	26.5	30.4	E. 1	NNE. 1	SW. 1	NNE. 1	6.3	4	9	10	7	3.8	....	....
26	24.8	23.6	26.1	25.00	− 1.57	23.3	26.5	SSW. 1	SW. 1	SE. 1	SSW. 1	4.8	10	9	1	6	2.4	1.0	2
27	27.6	29.4	31.6	29.05	+ 2.45	26.2	32.0	NE. 1	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	10.1	3	1	5	3	5.5	....	....
28	32.6	31.9	30.6	31.72	+ 5.08	29.7	33.5	ENE. 1	NNE. 1	SSE. 1	SE. 1	4.2	10	5	1	6	2.4	....	....
29	27.5	23.9	20.7	24.97	− 1.70	20.3	29.7	SSW. 1	NNE 1	SE. 0	calme	0.9	9	9	8	9	0.8	7.2	7
30	20.1	20.4	21.6	20.64	− 6.07	19.7	21.8	SSE. 0	WSW. 1	SW. 1	calme	1.1	10	10	10	10	0.0	22.5	**19**
Mois	25.22	24.92	25.53	25.24	− 0.61							6.47	8.5	7.5	7.0	7.6	60.4	121.6	86

GENÈVE — NOVEMBRE 1915

Jour du mois	Température							Fraction de Saturation en %							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart avec la normale	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 7.4	+10.6	+ 8.5	+ 8.74	+ 1.77	+ 5.8	+11.3	83	68	74	75	− 8	61	88	11.2	− 0.5	1485
2	8.4	10.8	8.4	9.19	+ 2.40	6.2	13.0	67	56	67	**64**	**−19**	54	81	10.0	− 1.5	1475
3	2.2	9.0	4.6	5.53	− 1.08	1.3	10.0	88	61	88	76	− 7	56	92	8.3	− 3.1	1475
4	3.4	8.2	6.2	5.74	− 0.70	2.0	9.2	93	72	82	81	− 2	63	94	7.5	− 3.8	1505
5	5.6	7.7	6.5	6.40	+ 0.14	4.5	8.2	97	91	100	95	+11	87	100	9.5	− 1.6	1505
6	5.1	9.6	8.0	7.14	+ 1.05	4.0	10.0	99	84	88	92	+ 8	75	100	10.0	− 1.0	1545
7	6.4	7.8	5.2	6.76	+ 0.81	1.0	9.4	87	77	94	84	0	73	96	—	—	1575
8	5.0	10.5	8.4	7.22	+ 1.48	3.8	10.7	97	81	91	92	+ 8	78	98	10.5	− 0.2	1585
9	8.5	13.6	10.1	**9.84**	**+ 4.27**	7.8	**14.0**	92	65	71	84	0	64	98	10.7	+ 0.1	1585
10	8.3	9.6	6.5	7.50	+ 2.10	4.2	9.9	87	45	58	70	−14	43	88	10.5	0.0	1600
11	2.6	8.0	4.8	4.97	− 0.27	2.0	8.6	93	57	64	75	− 9	51	95	10.0	− 0.3	1605
12	5.0	7.7	9.4	6.95	+ 1.88	4.3	9.8	90	88	84	84	0	66	98	9.0	− 1.2	1620
13	10.4	8.3	3.4	8.00	+ 1.09	2.5	12.3	56	67	81	66	−18	37	85	8.5	− 1.6	1585
14	1.8	1.9	4.1	2.92	− 1.82	+ 1.0	5.0	71	70	66	74	−10	65	88	—	—	1615
15	0.9	4.0	+ 0.8	2.10	− 2.48	0.0	5.3	97	67	78	83	− 1	66	98	6.5	− 3.3	1650
16	+ 1.0	3.4	0.6	1.19	− 3.23	− 1.5	3.8	81	60	71	72	−12	48	92	6.2	− 3.5	1650
17	− 1.6	5.9	+ 0.7	+ 0.63	− 3.63	− 3.5	5.9	84	41	76	74	−10	**36**	93	6.3	− 3.3	1645
18	− 3.4	2.7	− 1.8	− 0.70	− 4.80	− 4.0	3.1	96	57	90	80	− 4	54	99	6.0	− 3.4	1660
19	− 2.5	0.1	− 1.4	− 1.44	− 5.39	− 1.2	0.3	90	74	84	83	− 1	70	94	5.8	− 3.5	1625
20	− 0.6	0.6	− 0.2	− 0.46	− 4.25	− 3.8	0.8	87	88	94	91	+ 7	83	97	7.0	− 2.2	1635
21	− 2.0	1.6	+ 1.3	+ 0.09	− 3.55	− 3.5	1.8	92	71	80	79	− 5	68	95	—	—	1635
22	+ 0.4	+ 1.2	+ 0.7	+ 0.68	− 2.81	− 0.5	1.3	88	81	92	87	+ 3	77	97	8.0	− 1.0	1635
23	− 0.8	− 0.1	− 0.2	− 0.34	− 3.68	− 1.7	0.8	100	97	100	**99**	**+14**	95	100	7.8	− 1.0	1600
24	+ 0.4	+ 1.6	+ 1.6	+ 1.05	− 2.15	− 0.7	2.8	92	80	71	85	0	70	100	7.5	− 1.2	1640
25	0.4	3.9	+ 1.0	1.85	− 1.21	+ 0.2	4.2	74	53	81	72	−13	51	87	8.0	− 0.6	1615
26	+ 0.8	+ 3.2	− 1.3	+ 0.67	− 2.25	− 2.0	+ 4.2	85	52	72	76	− 9	48	95	7.8	− 0.7	1585
27	− 2.2	− 1.6	− 4.0	− 2.31	− 5.09	− 4.5	− 0.8	83	85	84	84	− 1	67	98	7.5	− 0.9	1600
28	− 4.8	− 3.5	− 6.0	**− 4.60**	**− 7.24**	− 7.0	− 3.0	86	87	84	86	+ 1	76	90	—	—	1555
29	− 1.1	− 0.4	+ 0.4	− 2.50	− 5.01	**− 7.6**	+ 1.4	93	77	88	87	+ 2	71	97	6.2	− 2.0	1570
30	+ 1.8	+ 3.4	+ 3.6	+ 2.59	+ 0.21	+ 0.3	+ 3.7	96	98	98	97	+12	90	98	6.7	− 1.4	1580
Mois	+ 2.12	+ 5.10	+ 2.98	+ 3.18	− 1.37	+ 0.31	+ 5.90	87	72	82	81	− 2			8.19	− 1.44	1588

MOYENNES DE GENÈVE — NOVEMBRE 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02 — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc	21.17	20.79	20.99	21.69	20.89	20.59	21.07	21.39	21.07
2e »	24.49	24.67	25.01	25.61	25.20	25.53	26.37	26.46	25.42
3e »	30.16	29.60	29.65	29.90	28.67	28.44	28.69	28.67	29.22
Mois	25.27	25.02	25.22	25.73	24.92	24.85	25.38	25.51	25.24

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 6.50	+ 5.72	+ 6.03	+ 7.54	+ 9.74	+ 9.10	+ 7.65	+ 6.96	+ 7.41
2e »	+ 1.32	+ 1.10	+ 1.36	+ 2.96	4.56	3.63	2.73	+ 1.67	+ 2.42
3e »	− 1.15	− 1.51	− 1.04	− 0.13	0.99	0.79	0.22	− 0.43	− 0.28
Mois	+ 2.22	+ 1.77	+ 2.12	+ 3.46	+ 5.10	+ 4.51	+ 3.53	+ 2.73	+ 3.18

Fraction de saturation en %.

1re décade	86	88	89	79	70	73	80	84	81
2e »	83	86	84	78	67	72	75	80	78
3e »	88	90	89	84	78	84	82	86	85
Mois	86	89	87	80	72	76	79	83	81

Dans ce mois l'air a été calme 100 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{56}{70} = 0.80$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		25.22
Nébulosité		7.7
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+ 3°.40
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+ 3°.29
Fraction de saturation		80 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	25.85
Nébulosité	(1847-1875)	7.8
Hauteur de pluie	(1826-1875)	74.0
Nombre de jours de pluie	(id.)	11
Température moyenne	(id.)	+ 4°.55
Fraction de saturat.	(1849-1875)	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	199.9	159.8	141.0	136.8	144.0	150.7	130.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	112.3	121.6	115.4	108.6	108·4	138 8

Insolation à Jussy : ? h.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1915

Les 1, 2, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 25, 26, 29 et 30, neige.
2, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 25, 26, 27 et 30, brouillard.
2, 5, 12, 20, 22, 29 et 30, très fort vent.
10, 13, 15, 16, 24, 25, 26 et 27, violente bise.

GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1915

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	55.6	55.4	56.0	55.7	− 7.6	55.3	56.2	SW. 2	SW. 0	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	2.8	5
2	56.3	56.6	56.9	56.6	− 6.6	56.1	56.9	SW. 3	SW. 0	SW. 2	SW. 2	10	6	10	9	0.3	....
3	55.3	54.5	54.7	54.8	− 8.4	54.4	56.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5	10	10	8	....	....
4	56.3	58.0	60.4	58.2	− 4.9	55.0	61.0	SW. 0	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	3	10	4	0.3	....
5	59.8	60.0	60.3	60.0	− 3.0	59.7	60.5	SW. 3	SW. 3	SW. 4	SW. 3	8	10	10	9	0.4	1
6	62.6	65.5	66.5	64.9	+ 1.9	60.4	66.7	SW. 1	SW. 1	NE. 0	SW. 1	1	1	0	1	....	....
7	66.2	66.2	65.5	66.0	+ 3.1	65.2	66.8	NE. 1	NE. 0	NE. 0	NE. 0	0	3	0	1	....	....
8	63.3	62.8	62.9	63.0	+ 0.1	62.7	65.2	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	8	7	0	5	....	....
9	60.4	59.4	58.0	59.3	− 3.5	57.4	62.7	NE. 0	SW. 0	SW. 1	calme	0	10	10	7	0.5	....
10	54.8	54.8	54.6	54.7	− 8.0	54.4	57.4	SW. 1	SW. 1	NE. 4	SW. 1	10	10	10	10	22.0	22
11	55.6	58.2	59.3	57.7	− 5.0	54.6	59.4	SW. 4	SW. 0	SW. 0	SW. 1	10	10	10	10	6.7	10
12	57.3	57.1	56.4	56.9	− 5.7	55.7	59.2	SW. 3	NE. 0	NE. 2	var.	10	7	10	9	15.7	20
13	53.4	51.5	55.0	**53.3**	− **9.3**	**51.5**	56.0	SW. 2	NE. 0	NE. 4	var.	10	8	10	9	10.7	10
14	56.4	55.3	56.0	55.9	− 6.6	55.0	57.0	NE. 1	SW. 2	NE. 1	NE. 1	2	10	10	7	**25.0**	**36**
15	55.3	57.1	57.0	56.5	− 6.0	55.1	57.6	NE. 4	NE. 3	NE. 1	NE. 3	10	10	9	10	10.5	22
16	54.4	55.1	57.1	55.5	− 7.0	54.4	58.6	NE. 1	NE. 1	NE. 4	NE. 2	3	10	10	8	12.6	12
17	60.5	61.0	61.3	60.9	− 1.5	58.6	61.4	NE 3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	10	10	10	5.0	6
18	60.6	60.5	62.1	61.1	− 1.3	60.3	62.4	NE. 1	SW. 1	NE. 0	var.	0	0	0	0	...	....
19	62.6	63.7	65.1	63.8	+ 1.5	62.4	65.6	NE. 0	SW. 1	SW. 3	SW. 2	4	2	10	5	....	....
20	67.3	69.2	71.4	69.3	+ 7.0	65.6	71.8	SW. 3	NE. 1	SW. 2	SW. 2	3	0	0	1	....	....
21	71.8	71.8	72.4	**72.0**	+ **9.7**	71.8	**72.5**	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	2	10	4	....	....
22	70.7	70.1	69.0	69.9	+ 7.7	68.5	72.1	SW. 4	SW. 1	NE. 0	SW. 2	10	1	0	4	....	....
23	67.0	65.8	65.8	66.2	+ 4.0	65.4	68.5	NE. 1	NE. 0	NE. 0	NE. 0	1	0	0	0	.. .	....
24	64.3	63.1	62.8	63.4	+ 1.3	62.5	65.4	NE. 1	NE. 4	NE. 4	NE. 3	0	0	0	0	....	. ..
25	61.3	58.9	57.7	59.3	− 2.8	57.5	62.5	NE. 1	NE. 1	NE 3	NE. 2	1	9	10	7	6.0	8
26	55.4	54.0	55.4	55.0	− 7.1	53.7	57.5	NE. 4	NE. 4	NE. 4	NE. 4	10	10	7	9	4.1	7
27	56.3	57.6	59.5	57.8	− 4.3	55.8	60.2	NE 3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	9	0	6	....	....
28	62.0	63.1	63.7	62.9	+ 0.9	60.2	63.7	NE. 1	SW. 1	NE 1	NE. 1	2	1	0	1	....	....
29	62.0	61.0	60.4	61.1	− 0.9	60.1	63.5	SW. 3	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	2	0	4	2.3	4
30	59.7	60.0	61.0	60.2	− 1.8	59.6	61.3	SW. 3	SW. 3	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	3.2	4
Mois	60.15	60.24	60.81	60.40	− 1.63							5.6	6.0	6.2	5.9	128.1	167

GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1915

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	0	0	0	0	0	0	0						
1	− 6.8	− 1.5	− 4.8	− 4.4	− 1.2	− 7.2	− 1.3	95	84	94	91	78	97
2	− 5.8	− 4.8	− 6.4	− 5.7	− 2.4	− 7.0	− 4.4	85	95	95	92	70	96
3	− 7.9	− 4.6	− 7.9	− 6.8	− 3.4	− 8.5	− 4.4	95	92	90	92	78	96
4	− 8.4	− 0.7	− 4.9	− 4.6	− 1.0	− 9.0	− 0.5	95	66	71	77	54	96
5	− 5.8	− 3.9	− 4.2	− 4.6	− 0.9	− 6.8	− 3.2	96	96	96	**96**	84	97
6	− 5.2	− 1.0	− 4.5	− 3.6	+ 0.3	− 5.8	− 0.7	95	83	67	82	40	96
7	− 2.2	+ 2.2	− 0.3	− 0.1	+ 3.9	− 5.0	+ 3.5	42	41	60	48	18	74
8	+ 0.1	2.6	− 1.4	+ **0.4**	+ 4.5	− 1.7	+ **3.8**	71	73	90	78	65	94
9	− 3.2	+ 0.7	− 3.4	− 2.0	+ 2.2	− 3.7	+ 1.2	88	85	100	91	81	100
10	− 4.2	− 5.2	− 8.6	− 6.0	− 1.6	− 8.8	− 3.6	99	92	86	92	70	100
11	− 10.2	− 7.2	− 8.0	− 8.5	− 4.0	− 11.2	− 4.9	90	84	56	77	40	92
12	− 6.6	− 1.8	− 4.6	− 4.3	+ 0.3	− 8.8	− 1.3	94	96	95	95	78	97
13	− 6.7	− 4.1	− 8.7	− 6.5	− 1.7	− 9.3	− 4.0	95	78	92	88	68	96
14	− 13.3	− 8.6	− 11.1	− 11.0	− 6.1	− 14.0	− 7.1	89	89	84	87	81	92
15	− 12.0	− 10.7	− 14.1	− 12.3	− 7.3	− 15.9	− 9.6	88	86	56	77	44	90
16	− 10.3	− 11.5	− 15.4	− 12.4	− 7.3	− 16.9	− 8.8	90	86	85	87	67	92
17	− 16.1	− 12.4	− 14.2	− 14.2	− 8.9	− 17.5	− 11.5	87	87	88	87	83	90
18	− 16.5	− 11.7	− 13.8	− 14.0	− 8.6	− 18.0	− 10.5	60	42	41	48	28	86
19	− 11.2	− 8.1	− 8.2	− 9.2	− 3.7	− 14.5	− 6.4	42	37	34	**38**	16	46
20	− 9.4	− 6.2	− 1.7	− 6.8	− 1.2	− 11.0	− 3.8	49	75	58	61	**14**	78
21	− 4.3	− 3.4	− 3.1	− 3.6	+ 2.1	− 4.8	− 2.5	57	68	94	73	44	95
22	− 1.7	0.0	− 1.2	− 1.0	+ 4.8	− 3.0	+ 1.0	91	78	65	78	52	93
23	+ 0.4	+ 2.2	− 2.6	0.0	+ **5.9**	− 3.1	+ 2.5	56	54	74	61	45	78
24	− 4.7	− 5.0	− 6.3	− 5.3	+ 0.7	− 7.2	− 3.1	76	67	44	62	26	80
25	− 9.0	− 7.9	− 12.6	− 9.8	− 3.7	− 13.3	− 5.8	47	67	95	70	28	96
26	− 13.6	− 13.0	− 17.2	− 14.6	− 8.4	− 18.8	− 12.9	94	94	91	93	85	95
27	− 17.2	− 15.7	− 18.2	− **17.0**	− **10.7**	− **19.5**	− 15.1	91	91	67	83	38	94
28	− 11.5	− 11.3	− 12.9	− 11.9	− 5.5	− 18.7	− 10.4	34	42	68	48	18	80
29	− 13.9	− 13.0	− 13.7	− 13.5	− 7.0	− 16.3	− 12.4	84	95	92	90	80	96
30	− 9.9	− 6.9	− 6.2	− 7.7	− 1.1	− 13.6	− 5.8	95	95	96	95	75	97
Mois	− 8.24	− 5.75	− 8.11	− 7.37	− 2.07	− 10.63	− 4.73	79	77	77	78		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1915

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : – 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	59.06	59.32	59.58	59.32	86	81	85	84
2e »	58.34	58.87	60.07	59.09	78	76	69	74
3e »	63.05	62.54	62.77	62.79	72	75	79	75
Mois	60.15	60.24	60.81	60.40	79	77	77	78

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 4.94	— 1.62	— 4.64	— 3.73	— 3.96
2e »	— 11.23	— 8.23	— 10.28	— 9.91	— 10.00
3e »	— 8.54	— 7.40	— 9.40	— 8.45	— 8.68
Mois	— 8.24	— 5.75	— 8.11	— 7.37	— 7.55

Dans ce mois l'air a été calme 211 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{71}{73} = 0.97$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	64.4	53.7	41.2	128.1
Neige en centimètres....	8	14	38	167

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME QUARANTIÈME

(4me PÉRIODE)

1915 — Nos 7 à 12

Compte rendu de la séance de la Société suisse de physique du 14 septembre 1915, à Genève

Compte rendu de la séance de la Société suisse de chimie du 14 septembre 1915, à Genève

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles, à Lausanne

Compte rendu des séances de la Société de Chimie de Genève

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

CHIMIE

GÉOLOGIE

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1915, Tomes XXXIX et XL (Quatrième période)

A

B

C

